修士論文 2009 年度 (平成 21 年度)

Markit：しるし付けを用いた紙メディア情報取得システム

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
川添 瑞木

修士論文要旨　　2009 年度 (平成 21 年度)

Markit：しるし付けを用いた紙メディア情報取得システム

インターネットの発達やパーソナルコンピュータの普及により，デジタルメディアを扱う機会が大幅に増加した．一方で，従来のように紙メディアを利用した情報収集も頻繁に行われている．両メディアにはそれぞれの利点があり，我々は嗜好や目的によって紙メディアとデジタルメディアを使い分けている．本研究では，紙メディアで発見した情報をデジタルメディアに変換して利用する形態の情報収集に着目した．この形態は，閲覧しやすく手軽に扱うことのできる紙メディアと，多量の情報を保存可能であり，検索や複製，更新が容易なデジタルメディア，双方の利点を生かした有用な情報収集形態である．

本形態の情報収集を実現するためには，紙メディアの情報をデジタルメディアとして取得する必要がある．紙メディア情報を取得する既存手法は，スキャナやカメラ撮影，QR コードなど複数存在する．しかし，既存手法は直感的でなく作業工程が煩わしいため，ユーザの継続的な読書を妨げてしまう問題点がある．

本論文では，しるし付けを用いた紙情報取得手法を提案し，本手法を実現するシステム，**Markit** を実装した．しるし付けとは，ユーザが紙メディアに対して付箋やペンで自身の興味箇所にしるしを付ける行為である．Markit システムは，ユーザ上部に設置したカメラと OCR 技術を用いて，ユーザのしるし付けを検知し，紙メディア上のしるし付け箇所を画像データとテキストデータとして取得する．本システムの利用によりユーザは，しるし付けという読書行為を妨げない直感的な動作を用いて，紙メディア上の単語や記事を取得できる．本手法の評価としては，Markit のユーザビリティ実験を行い，本手法と従来手法の作業負担を比較した．その結果から，しるし付けを用いた紙メディア情報取得はユーザの読書行為を妨げない直感的な手法であることを示した．

キーワード:
ユビキタスコンピューティング，ヒューマンコンピュータインタラクション，紙メディア，情報収集，しるし付け

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
川添 瑞木

Abstract of Master's Thesis

Markit : A System for Capturing Paper-Based Information Using Marking Interaction

Recent advances in information technology provide us various ways to handle digital media. On the other hand, we still use paper media, such as books, magazines and newspapers. Both types of media have advantages and disadvantages, thus, we properly choose which kind of media to use. We focus on a style of information-gathering that people convert paper-based information to digital format. This style allows user to receive information in paper media, which is easy to read and use, meanwhile, users can preserve the information in digital format, which is easy to copy, search and update.

In order to use this information-gathering style, users must be able to convert paper-based information to digital format. Several research have proposed convert methods, which use two dimensional bar-code, scanners, cameras, etc. However, these methods are not intuitive and require complex effort, which could interrupt user's work.

In this thesis, we propose **Markit**, a novel system which captures paper-based information using marking interaction. Markit offers users an intuitive way to convert paper-based information to digital format. Marking is often used by users when they are interested in the contents of a book, magazine, etc. Markit enables users to capture paper-based information, and use it in digital format easily and intuitively. We conducted an experiment to evaluate usability of Markit, by comparing it against the existing techniques.

Keywords:

Ubiquitous Computing, Human Computer Interaction, Paper media, Information-gathering, Marking

Keio University Graduate School of Media and Governance

Mizuki Kawazoe

目 次

第 1 章　序論 **1**
1.1 はじめに 2
1.2 本論文の目的と意義 3
1.3 本論文の構成 3

第 2 章　紙発見デジタル利用型の情報収集 **4**
2.1 2 つのメディアを用いた情報収集 5
2.1.1 紙メディアとデジタルメディア 5
2.1.2 メディアの使い分けとさまざまな情報収集形態 6
2.2 紙発見デジタル利用型情報収集 7
2.2.1 情報収集の流れ 7
2.2.2 紙発見デジタル利用型の定義 9
2.2.3 紙メディア情報の取得におけるユーザの負担 10
2.2.4 既存の紙メディア情報取得手法 10
2.3 シナリオ 13
2.3.1 対象とする読書形態 13
2.3.2 シナリオ 13
2.4 機能要件 15
2.5 本章のまとめ 16

第 3 章　しるし付けを用いた紙メディア情報取得 **17**
3.1 紙メディア情報取得手法 18
3.1.1 紙メディア情報取得の作業工程 18
3.1.2 直感的かつ少ない工程数 19
3.1.3 即時利用型と後日利用型への対応 20
3.1.4 取得範囲の限定 20
3.1.5 取得情報の整理 21
3.2 本研究のアプローチ 22
3.2.1 利用の流れ 22
3.2.2 しるし付けを用いた紙メディア情報取得 23
3.3 関連研究 25
3.3.1 やさしくデジタルファイリング 26
3.3.2 EnhansedDesk 26

3.3.3 PaperLink . . . 26
3.3.4 Digital Paper Bookmarks . . . 28
3.3.5 関連研究との比較 . . . 29
3.4 本章のまとめ . . . 29

第 4 章 Markit の設計 30
4.1 Markit の概要 . . . 31
4.1.1 想定環境 . . . 31
4.1.2 ハードウェア構成 . . . 31
4.1.3 ソフトウェア構成 . . . 32
4.2 各モジュールの設計 . . . 34
4.2.1 Markit 設定モジュール . . . 35
4.2.2 ユーザ動作検知モジュール . . . 35
4.2.3 紙メディア情報取得モジュール . . . 35
4.2.4 Web 検索アプリケーション . . . 38
4.2.5 スクラッピングアプリケーション . . . 38
4.3 本章のまとめ . . . 39

第 5 章 Markit の実装 40
5.1 実装環境 . . . 41
5.2 各モジュールの実装 . . . 41
5.2.1 ユーザ動作取得モジュール . . . 42
5.2.2 紙メディア情報取得モジュール . . . 43
5.2.3 Web 検索アプリケーション . . . 43
5.2.4 スクラッピングアプリケーション . . . 43
5.3 本章のまとめ . . . 44

第 6 章 評価 45
6.1 基本性能評価 . . . 46
6.1.1 OCR 認識率 . . . 46
6.1.2 紙メディア情報取得所要時間 . . . 46
6.1.3 ページめくり検知における正答率 . . . 46
6.1.4 しるし付け検知における正答率 . . . 46
6.2 ユーザビリティ評価 . . . 47
6.2.1 実験 . . . 48
6.2.2 実験結果 . . . 49
6.2.3 考察 . . . 51
6.3 今後の課題と展望 . . . 52
6.3.1 しるし付け検知における精度の向上 . . . 52
6.3.2 取得情報への注釈 . . . 52

6.3.3　紙メディアとデジタルメディアのリンク 52
6.4　本章のまとめ 53

第 7 章　結論 **54**
7.1　本論文のまとめ 55

図目次

2.1 さまざまな情報収集 6
2.2 情報収集の流れと利用のタイミングによる分類 7
2.3 紙発見デジタル利用型の情報収集 9
2.4 雑誌における 2 次元バーコードの利用例 11
2.5 ClickCatalog における RFID タグの利用 12

3.1 紙メディア情報取得における作業工程 18
3.2 3 種類の取得範囲 21
3.3 利用の流れ 23
3.4 しるし付けの例 24
3.5 本研究が提供する 3 つのしるし付け 24
3.6 EnhancedDesk 27
3.7 Digital Paper Bookmarks 28

4.1 想定環境 31
4.2 ハードウェア構成図 32
4.3 ソフトウェア構成図 33
4.4 ユーザ動作検知の流れ 36
4.5 紙メディア情報取得モジュール シーケンス図：即時利用 36
4.6 紙メディア情報取得モジュール シーケンス図：後日利用 37

5.1 システム全体図 41
5.2 付箋の色 42
5.3 ペンの色 42
5.4 ビューワ 44

6.1 評価に用いた雑誌 47
6.2 実験に用いたハンドスキャナ 48

表 目 次

2.1 紙メディアとデジタルメディアの特徴 5
2.2 既存の紙メディア情報取得手法の特徴 12

3.1 関連研究との比較 29

5.1 ユーザ PC 実装環境 41

6.1 しるし付け検知における正答率 47
6.2 作業所要時間 (s) 50
6.3 スキャナに関するアンケート結果 50
6.4 Markit に関するアンケート結果 50

第1章　序論

本章では，本研究の目的と意義を述べ，本論文の構成を説明する．

1.1 はじめに

近年，インターネットやパーソナルコンピュータの普及に伴い，雑誌や新聞などの紙メディアを対象として行われてきた情報収集において，デジタルメディアが頻繁に利用されるようになった．例えば，料理雑誌の記事を切り抜いてレシピのスクラップブックを作成していたユーザが，Web ページをブックマークしてレシピを保存できるようになった．さらに，インターネットで見つけたレシピをプリンタを用いて印刷しスクラップブックに追加するなど，紙メディアとデジタルメディア両者を用いた情報収集も行われている．本研究では，紙メディアとデジタルの両者を対象とする情報収集において，紙メディア上で見つけた情報をデジタルメディアに変換して利用する形態に着目し，**紙発見デジタル利用型**と名づける．紙発見デジタル利用型の情報収集の具体例としては，新聞で見つけた記事をスキャナを用いて取り込み Portable Document Format(PDF) 形式でパソコンに保存する場合や，グルメ雑誌の記事に印刷された QR コードを読み取ってレストランの連絡先を取得する場合などがあげられる．

本論文では，情報収集は発見フェーズ，保存フェーズ，利用フェーズの 3 段階で行われるとする．また，発見した情報を利用するタイミングによって，即時利用型と後日利用型の 2 種類に情報収集を分類する．即時利用型は，読書中に読めない単語に出会った際に辞書で調べる場合のように，発見フェーズから即時に利用フェーズに移行する形態である．後日利用型は，仕事に関連する新聞記事を切り抜いて保存しておき必要になった際に参照するといった，発見フェーズから保存フェーズを経て利用フェーズに移行する形態を指す．本研究は，紙発見デジタル利用型の情報収集を，**1) 発見フェーズが紙メディアを用いて行われ，2) 次のフェーズへの移行の際に発見した情報をデジタルメディアに変換する形態**であると定義する．

紙発見デジタル利用型の情報収集において重要な問題は，紙メディアの情報を取得する作業に，ユーザが負担や煩わしさを感じることである．既存の紙メディア情報取得手法には，スキャナやカメラ撮影，QR コードやキーボードによる打ち込みなどがあるが，継続的な読書の際にこれらの手法を利用すると，読書が中断されてしまうためユーザは煩わしさを感じる．継続的な読書においては，読書を妨げないような直感的で手間のかからない紙情報取得手法が必要となる．また，紙メディア全体のなかからユーザが必要とする範囲だけを取得しなければならない．さらに，取得した情報を後に利用するために情報の整理や更新可能性についても考慮する必要がある．

本研究では，しるし付けを用いた紙メディア情報取得システム，**Markit** を提案する．しるし付けとは，人が興味を持った箇所に対してペンや付箋でしるしを付ける行為を指す．本システムを利用すると，ユーザは取得したいページに付箋を貼ったり，文章に線を引いたりすることで，必要な情報をデジタルメディアとして取得し利用できる．本システムは，ユーザの上部に設置したカメラを用いた画像解析によって，しるし付け検知と紙メディア情報の取得を行う．紙メディア情報は，カメラで取得した画像と OCR を利用して取得したテキストデータとしてユーザに提供される．Markit は，カメラと OCR を用いることで，特殊なデバイスを利用することなく，日常的に利用する紙メディアやペン，付箋を用いた情報収集を実現する．

1.2　本論文の目的と意義

本論文の目的は，しるし付けを用いた紙メディア情報取得システム Markit を構築し，負担を与えない紙メディア情報取得の実現を評価することである．これにより，ユーザの継続的な読書を妨げない紙発見デジタル利用型の情報収集を実現する．紙発見デジタル利用型の情報収集は，閲覧がしやすく手軽に扱うことのできる紙メディアと，大量の情報を保存可能であり，情報の複製や更新，検索が容易なデジタルメディア，双方の利点を併せ持った有用性の高い情報収集形態である．Markit システムは，人が興味を持った際に行う一般的な動作であるしるし付けを利用することで，直感的かつ手軽な紙メディア情報取得を実現している．本システムを利用することで，ユーザは直感的かつ手軽な動作によって有用な形態の情報収集を行うことが可能となる．

1.3　本論文の構成

本論文は，第 2 章において本研究の対象とする情報収集形態である紙発見デジタル利用型について説明し，紙メディア取得手法に求められる機能要件をまとめる．第 3 章では，本研究の提案するしるし付けを用いた紙メディア情報取得システム Markit について述べ，関連研究との比較を行う．第 4 章でシステムの設計，第 5 章で実装について述べる．第 6 章では本システムの評価を行い，第 7 章において本研究をまとめる．

第2章　紙発見デジタル利用型の情報収集

本章では，紙メディアで発見した情報をデジタルメディアに変換して利用する情報収集の形態を**紙発見デジタル利用型**と定義し，考察する．はじめに，紙とデジタルという2種類のメディアを用いた情報の収集と利用を概観する．ついで，本研究の対象とする紙発見デジタル利用型の情報収集について述べ，既存の紙メディア情報取得手法を挙げてその特徴をまとめる．その後，本研究の対象とする読書形態を明示した上で，インタビューをもとに作成したシナリオを述べ，そこから本研究の目指すべき紙メディア情報取得手法の機能要件を導く．

2.1　2つのメディアを用いた情報収集

現在，我々は日常生活におけるさまざまな場面で，情報収集を行っている [1]．中でもテキストドキュメントを主体とした情報を利用する機会は多い．グーテンベルクによる活版印刷の発明以来，情報収集のために利用するメディアは，新聞や雑誌，書籍などの紙メディアが主体であったが，近年のインターネットやパーソナルコンピュータの普及に伴い，Web ページやコンピュータで作成したファイルなどのデジタルメディアも広く使われるようになった．本節では，紙メディアとデジタルメディア両者の特性をまとめ，2 つのメディアを使い分けて行うさまざまな情報収集形態について述べたのち，本研究の対象とする情報収集形態を提示する．

2.1.1　紙メディアとデジタルメディア

表 2.1: 紙メディアとデジタルメディアの特徴

	紙メディア	デジタルメディア
長所	閲覧性が高い 情報の所有感が高い 書き込みが容易 電源が不要 記載場所の記憶が容易 軽く扱いやすい 情報リテラシーが不必要	検索が容易 情報の更新性 動画・音声を扱える 多量の情報が扱える 情報へのアクセスが多様 インタラクティブ性 ハイパーリンクが可能
短所	かさばる 劣化が激しい 更新性がない 動画・音声は扱えない	電源が必要 記載場所の記憶が困難 ディスプレイの枠内でしか閲覧できない 閲覧性が低い

面谷 [2] は，ディスプレイと紙の作業効率実験を行い，ユーザの主観評価の結果から人はディスプレイより紙の方が見やすいと感じると述べており，その原因として水平画面であることや周囲との明るさが均等であることなどを挙げている．また Nielsen [3] は，印刷デザインと web デザインの違いについて述べた文の中で，デジタルメディアはインタラクティブ性が優れていると述べている．Sellen と Harper は，その著書 the myth of the paperless office [4] において，アフォーダンスの観点から両メディアの特性を論じている．例えば，紙は薄くて軽くフレキシブルであるなどの特徴を持つため，握ったり持ち運んだり書き込んだりすることができ，さらに複数枚を合わせて冊子としてまとめることで，ページめくりのような動作が可能となると述べている．一方デジタルメディアに関しては，パソコンを介して利用するため簡単に持ち運んだり形を変えたりすることは出来ないが，動画を利用することや大量の情報を蓄積することが可能であると説明している．この

ように，紙メディアとデジタルメディアにはそれぞれ特徴がある．表 2.1 に紙メディアとデジタルメディアの特徴をまとめる．

2.1.2　メディアの使い分けとさまざまな情報収集形態

第 2.1.1 項でまとめたように，紙メディアとデジタルメディアにはそれぞれの特性があるため，人々は自身の嗜好や情報の利用目的などによってこれら 2 つのメディアを使い分けて情報収集を行っている．

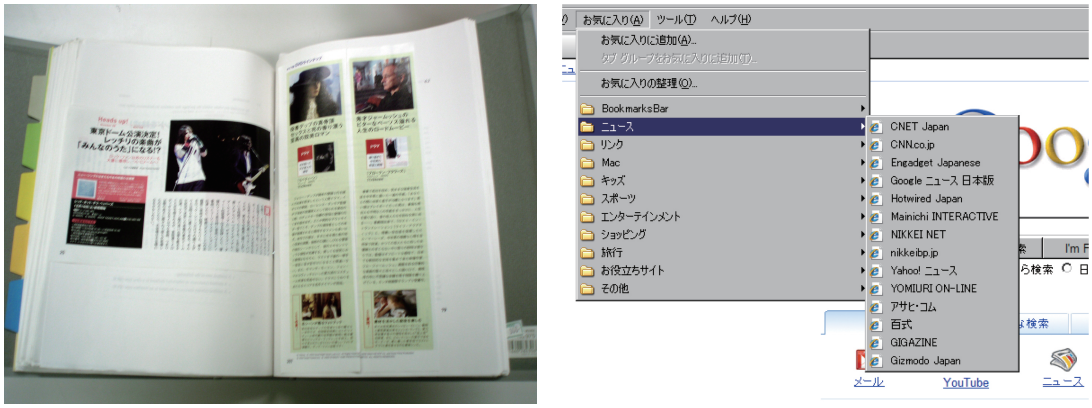


図 2.1: さまざまな情報収集

図 2.1 に，紙を対象とした情報収集の例としてスクラップブックを，デジタルメディアを対象とした情報収集の例としてブラウザを用いた Web ページのブックマークを示す．新聞や雑誌の記事を切り抜いてスクラップブックを作成するという，紙メディアを対象とした情報収集は古くから行われている．ブックマークによる Web ページの収集は，インターネットを対象として行う情報収集のなかで一番広く利用されている．また，Tumblr [5] や Snipd [6] のようなデジタルスクラッピングサービスも存在する．ブラウザのブックマークでは，ページ単位での保存しか出来なかったが，デジタルスクラッピングサービスを利用すると，ユーザは画像や動画，文章単位で自身が興味を持った情報を保存できる．これらは，従来の紙メディアを用いたスクラッピング手法をデジタルメディアに取り入れた例と言える．テキストや画像などをファイル形式で保存する手法も幅広く利用されている．単にディレクトリで分類するだけでなく，FUJI XEROX の DocuWorks [7] のようなドキュメント管理ソフトウェアも多数存在する．

さらに，紙とデジタルどちらか一方だけではなく，両メディアを共に利用する情報収集形態も存在する．例えば，Web で見つけたレシピを印刷して紙のスクラップブックに追加する場合や，雑誌で見つけた記事をスキャナで取り込んでパソコンの中で管理する場合などである．プリンタを用いた情報収集は広く普及しており，熟読したいときや持ち運びたいときなど，デジタルメディアを印刷して紙メディアとして利用する機会は多い．スキャナを用いた情報収集も，機能や操作インタフェース，ソフトウェアの向上により，以前よ

りも多く行われている．プリンタほど幅広く浸透しているわけではないが，写真の取り込みや紙メディア記事の整理など，日常的に利用されている．あらゆる情報をデジタルメディアに変換し保存するユーザも存在する [8].

本研究は，2 つのメディアを組み合わせた情報収集のなかでも，**紙メディアで発見した情報をデジタルメディアに変換して利用，または保存を行う形態**を対象とし，この形態を**紙発見デジタル利用型**と名付ける．次節で紙発見デジタル利用型の情報収集について詳述する．

2.2 紙発見デジタル利用型情報収集

本節では，一般的な情報収集の流れをまとめ，取得した情報を利用するタイミングによって情報収集を大きく 2 つに分類する．その後，情報収集の流れと分類を用いて本研究の対象とする紙発見デジタル利用型情報収集の定義を行い，その有用性を説明する．さらに，紙発見デジタル利用型情報収集において考慮すべき問題として，紙メディア情報の取得について述べ，既存の紙メディア情報取得手法をまとめる．

2.2.1 情報収集の流れ

情報収集の流れは，発見フェーズ，保存フェーズ，利用フェーズの 3 つのフェーズで構成される．図 2.2 に示す．以下でそれぞれのフェーズについて説明する．

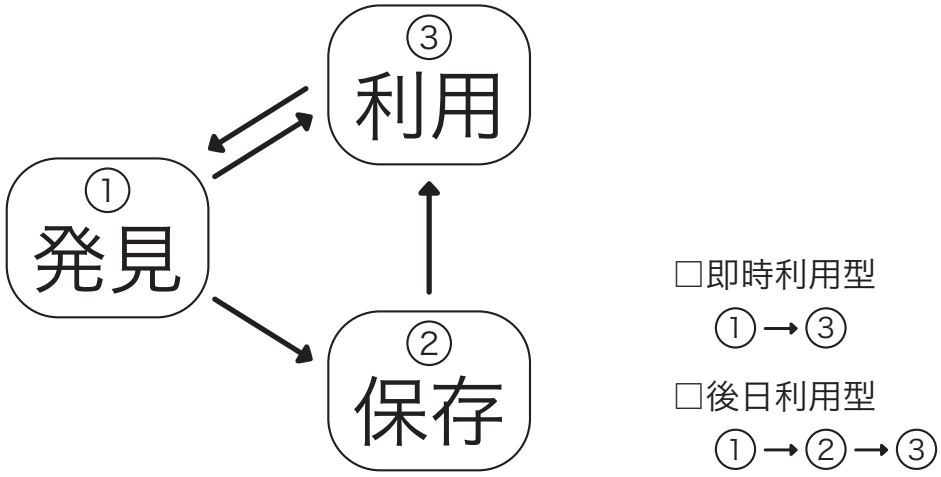


図 2.2: 情報収集の流れと利用のタイミングによる分類

1. 発見フェーズ

   雑誌や新聞，Web ページなどのさまざまなメディアから情報を取得し，興味のある情報を発見するフェーズである．発見フェーズにおける情報の発見には，漠然と情

報を取得するなかで興味深い情報を発見する場合と，目的を持って情報を検索し目当ての情報を発見する場合の 2 種類がある．前者の例として，新聞を読んでいて面白そうな本の書評を発見することが挙げられる．後者の例として，購入予定のコンサートチケットの入手方法を Web で検索し発見することが挙げられる．

2. 保存フェーズ

   発見フェーズで発見した情報を，保存するフェーズである．具体例として，記事の切抜きをスクラップブックに貼り付けることや，ブラウザのブックマークに URL を追加する行為が挙げられる．保存フェーズにおけるユーザの特徴的な行動として，取得情報の整理がある．これは，利用フェーズにおいて取得情報を利用する際に，目的の情報に即時にアクセスするための行動である．雑誌の切り抜きを利用目的別にファイル分けして保存する行動や写真ファイルの名前に撮影日時を入れる行動などが例としてあげられる．

3. 利用フェーズ

   発見フェーズにおいて発見した情報を利用するフェーズである．読書中に気になる言葉を見つけて検索する場合のように，発見フェーズから移行する場合もあれば，保存しておいた趣味の情報を改めて見返す場合のように，保存フェーズから移行する場合もある．利用の例として，関連情報の検索や情報の共有，蓄積された情報の見返しなどがあげられる．利用形態は，スクラッピングの目的によって変化する．好きな俳優に関する情報のスクラッピングのように，情報の収集自体が目的である場合は，利用形態は蓄積した情報の見返しとなる．また，気になるニュースのスクラッピングのように興味深い情報を発見した際のスクラッピングでは，スクラッピングした情報の関連情報を検索することが考えられる．また，利用形態が関連情報の検索である場合は，検索によって新たな発見フェーズが発生する場合がある．

また利用フェーズにおいて述べたように，情報収集の流れは，取得した情報を利用するタイミングによって大きく 2 つに分類することができる．以下に 2 つの利用形態を示す．

1. 即時利用型

   即時利用型とは，発見フェーズから保存フェーズを経ずに直接利用フェーズに移行する情報収集形態である．例えば，読書中に読み方のわからない漢字に出会った際に辞書で検索して調べる場合や，教科書に書かれたサンプルコードをパソコンに書き写す場合，食事会の会場候補をグルメ雑誌で発見し連絡をとる場合などが挙げられる．

2. 後日利用型

   後日利用型とは，発見フェーズで得た情報を後の利用のために保存し，後で利用する情報収集形態である．スクラップブックの作成や Web サイトのブックマークなどがこの形態にあたる．仕事に関する情報や趣味に関する技術情報などのように明確

な利用目的を持つ場合だけでなく，息子の活躍情報やきれいな写真をスクラップする場合のようにただ情報を収集し蓄積する場合も，見返しという利用を行うと考えられるため，この利用形態に含まれる．

2.2.2　紙発見デジタル利用型の定義

本論文において，紙発見デジタル利用型の情報収集形態とは，**1) 発見フェーズが紙メディアを用いて行われ，2) 次のフェーズへの移行の際に発見した情報をデジタルメディアに変換する形態**であると定義する．図 2.3 に示す．紙発見デジタル利用型の情報収集を利用形態別に説明すると，即時利用型の場合は，紙メディア上で発見した情報をデジタルメディアに変換して即時に利用する形態であり，後日利用型の場合は，紙メディアの情報をデジタル化して保存する形態となる．前者の例としては，読書中に分からない単語を見つけた際に Web で検索して調べる状況が挙げられる．後者の例には，雑誌で見つけたレシピをスキャナで取り込んで pdf として保存する状況が挙げられる．どちらの場合も，紙メディアとして発見した情報を，デジタルメディアに変換して利用または保存を行っている．

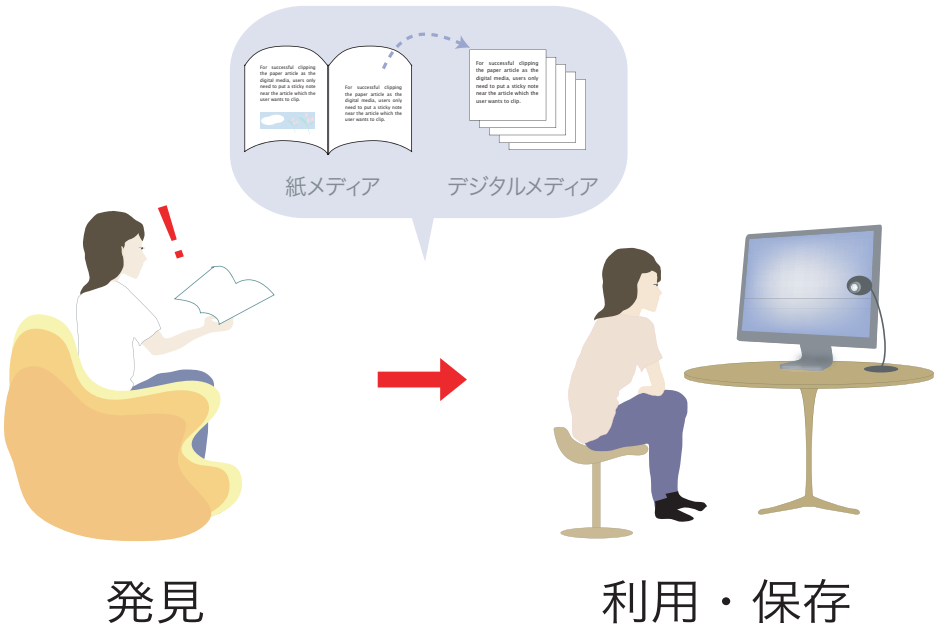


図 2.3: 紙発見デジタル利用型の情報収集

紙発見デジタル利用型は，非常に有用な形態の情報収集である．

Sellen と Harper は，ドキュメントを利用頻度によって Hot，Warm，Cold の 3 種類に分類している [4]．Hot とは，今まさに利用しているドキュメントであり，Warm は最近利用したか今から利用する予定のもの，Cold はもう使い終わったドキュメントである．頻繁に利用される Hot あるいは Warm なドキュメントに対して，Cold なドキュメントはほとんど利用されないが，万が一必要となる場合に備えて保存されている．後日利用を目的と

した紙発見デジタル利用型の情報収集では，ユーザは紙メディア上で発見した情報をデジタルメディアに変換して保存する．そのため，保存した情報が Cold なドキュメントに変化した場合でも，大量の紙メディアを保持する必要はなく，さらに，利用する際には求める情報を素早く検索できる．

また，第 2.1.1 項で述べたように，紙メディアは閲覧性が高く手軽に利用できるメディアであり，デジタルメディアは多量の情報を保存可能かつ，検索や複製，更新が容易なメディアである．紙発見デジタル利用型の情報収集は，読みやすく手軽に扱える紙メディアで情報を発見し，大量の情報を保存でき，共有や検索などを手軽に行うことができるデジタルメディアとして情報を保存し利用する，紙メディアとデジタルメディア両者の利点を併せ持った情報収集形態であるといえる．

2.2.3 紙メディア情報の取得におけるユーザの負担

紙発見デジタル利用型の情報収集を行う際に，ユーザが一番手間取るのは，フェーズ移行の際に生じる紙メディアからデジタルメディアへの変換工程である．基本的にフェーズ移行の際にはある程度の作業が必要となるが，各フェーズを同一メディアで行うよりも，扱うメディアが変化する場合の方が，ユーザは作業により負担を感じる．メディアには各々対応する作業形態があるために，扱うメディアが変化する際には作業形態もそれに伴い変更しなければならない．そのため，作業工程に隔たりが出来てしまいユーザは面倒を感じることとなる．特に紙メディアからデジタルメディアへの変換には，作業の面倒臭さや難しさに人々は煩わしい思いを抱いている．紙発見デジタル利用型の情報収集を実現するためには，ユーザに負担を与えない紙メディア情報取得手法が必要である．次節で既存の紙メディア情報取得手法をあげ，その特徴を説明する．

2.2.4 既存の紙メディア情報取得手法

紙からデジタルへの変換手法として，一般的に利用されているものの一つにスキャナがある．近年の技術躍進により，従来のように紙メディアを挟んで利用するものだけでなく，簡単に取り込む工夫がなされた製品も数多く存在している．例えば，富士通の ScanSnap [9] は，最大で 50 枚の原稿を一度にセットすることが可能である．また，手軽に持ち運ぶことができるハンドスキャナタイプもあり，自由な場所とタイミングでスキャン可能である．紙メディアの情報を高解像度に取得したい場合には，スキャナを利用することになる．

スキャナのように紙メディアの情報を画像として取得する手法として，デジタルカメラを用いた写真撮影が挙げられる．デジタルカメラや携帯電話の普及により，カメラ撮影は情報取得の手法として広く利用されてきたが，カメラの高解像度化によって，紙メディア情報の取得にも頻繁に利用されるようになった．お店で見つけた商品の価格情報や，当日出かける場所の連絡先や地図を記憶したいときなど，モビリティと手軽さが必要となる場合に多く利用されている．

これらスキャナやカメラを利用して画像形式で紙メディアの情報を取得する手法は，Optical Character Recognition(以下 OCR) 技術を利用することで画像内に含まれる文字列を取得することも可能である．実際に，スキャナで読み取った画像と OCR 技術を用いて取得した文字列を pdf 形式で保存し，情報の整理を支援するアプリケーションや，カメラで読み取った文字列を判別するアプリケーションも存在する [10].

ユーザの閲覧する紙メディアの情報をそのまま取得するのではなく，紙メディアにデジタルな情報を埋め込む手法として，バーコードやビジュアルタグがある．従来のバーコードは専用の読み取りデバイスが必要であったが，現在広く利用されている QR コードなどの 2 次元バーコードは，一般のカメラを用いて読み取ることができるため手軽に利用可能である．図 2.4 に，記事内で紹介されているレストラン情報を QR コードを読み取ることで取得できる例を示す．2 次元バーコードは，紙メディアにコードを印刷する必要があるため，本来の情報を閲覧する際に視界に入り込んで邪魔になる問題があるが，富士通の開発した FP コード [11] のように不可視技術の研究も盛んである．専用の読み取りデバイスが必要であるが，Gridmark による赤外線を利用した Grid Onput [12] も不可視技術の一例である．紙メディアの見た目をそのまま取得することは出来ず，予め埋め込まれた情報を取得することしか出来ないが，非常に手軽に紙メディアからデジタルな情報を取得することが可能であるため，現在でも広く一般的に利用されている．



図 2.4: 雑誌における 2 次元バーコードの利用例

情報を埋め込む手法としては，パッシブ RFID タグを紙に付加する手法も挙げられる．パッシブ RFID タグをモノに付加する研究は非常に盛んであり，紙メディアを対象としたものも多い．Quickies [13] は，MIT の Pranav らが開発した複数の機能を持つ付箋システムである．付箋にはパッシブ RFID タグが付加されており，システムは付箋の位置を検知可能である．慶應義塾大学の駒木らによる ClickCatalog [14] では，紙の地図に専用のデバイスで触れると，触れた場所に関連するユーザの写真がビューア上に表示されるという旅行の振り返りアプリケーションが提案されている．ClickCatalog では，紙にパッシブ RFID タグを埋め込むことで，紙メディア情報の取得を行っている．図 2.5 に，紙メディアに付



図 2.5: ClickCatalog における RFID タグの利用

加されたパッシブ RFID タグを示す．RFID を用いた手法は，2 次元バーコードのように予め埋め込まれた情報しか利用できず，また，RFID タグが重なることで読み取りが不安定になる問題点がある．しかし，手軽なリーダさえあれば容易かつ確実に情報を読み取ることが可能である．

即時利用型の情報収集においては，ユーザが自身の手で文字列を打ち込むという手法が頻繁に利用されている．即時利用の対象となる文字列は比較的短い場合が多いことと，即時の変換が求められるために OCR ソフトなどの利用をユーザが煩わしく思うことが，現在打ち込みが頻繁に利用されている理由として挙げられる．

表 2.2: 既存の紙メディア情報取得手法の特徴

	操作の容易さ	操作ステップ数	事前準備の必要	情報同一性	モビリティ
スキャナ	△	×	○	○	△
カメラ	△	×	○	○	○
バーコード	○	○	×	×	○
RFID	○	○	×	×	△
打ち込み	△	×	○	×	○

表 2.2 に，既存の紙メディア情報取得手法の特徴を示す．スキャナやカメラは，OCR ソフトと併用した場合を考えた．操作の容易さとは，情報機器の扱いに慣れていないユーザでも容易に扱えるかを表す．操作ステップ数は，操作の複雑さ所要時間に関係し，取得した情報を即時に利用できるかを表す．事前準備の必要とは，予め紙メディアに対して何らかの情報を埋め込む作業が必要であるかを示す．情報の同一性とは，閲覧している紙メディアを見た目どおりに取得できるかを表す．モビリティは，使用場所の自由度を示している．

この表から，各手法にはそれぞれの長所と短所があることが分かる．情報取得の頻度や読書場所など，ユーザの読書形態によって，採用する取得手法を考慮するべきである．

2.3 シナリオ

紙発見デジタル保存型の情報収集では，発見フェーズは紙メディアを対象としてなされる．紙メディアを対象とした情報の発見工程は一般的に読書と呼ばれるが，読書にはさまざまな形態が存在する．本節では，本研究の対象とする読書形態を明示した後，その読書形態における紙発見デジタル利用型情報収集のシナリオを述べる．このシナリオによって本研究が実現すべき紙メディア情報取得手法に求められる機能要件を導く．

2.3.1 対象とする読書形態

本研究が対象とする読書形態は，ユーザが机に向かって継続的に読書を行う形態である．例えば，教科書や資料を用いた勉強や，旅行の計画を立てるために旅行雑誌で情報を収集している状態などがこの形態にあたる．継続的な読書において紙メディア情報の取得が行われる場合，第 1 に紙メディア情報取得行為が何度も行われる可能性が高く，第 2 に取得行為が読書の最中に挟まれてしまうため，紙メディア情報取得行為の負担がより強くユーザに影響すると考えられる．そのため，本研究ではこの紙メディア情報取得行為の負担がより大きな問題となる読書形態を対象とする．

2.3.2 シナリオ

本項では，本研究の想定する 4 つのシナリオを述べる．本研究では，これら 4 つのシナリオを作成するため，紙メディアからの情報取得を日常的に行うユーザに対してインタビューを行った．インタビューは，20 代から 50 代の男女 10 名に対して行い，“ 紙メディアからの情報取得 ”というテーマで約 20 分ほど普段の情報収集手法や不満点，希望などを自由に話してもらった．

シナリオ 1：読書行為への集中

太郎さんは，自身の英語力を鍛えるために英文学を原書で読むことを，定年後の日課としている．知らない単語が出てくることもしばしばだが，単語の意味を調べる良い方法がないものかと頭を悩ませている．というのも，分からない単語を発見する度に辞書を引いていると，読書が中断されるために物語の世界へ入り込むことが出来ず，読書を楽しめないのである．Web の辞書ならば検索が容易であると考え利用してみたが，目で見た単語を記憶して自身の手で打ちなおす行為に手間取り，紙の辞書を利用した際と同様，読書行為を中断する結果となってしまった．携帯電話のアプリケーションに，カメラで取得した画像内の文字を読み取るものがあることを娘から教わったが，慣れない操作に手間取って

しまい快適に使うことが出来なかった.

シナリオ 2：利用のタイミング

シナリオ 1 において読書が妨げられることを嫌った太郎さんは，分からない単語を発見した際にペンで線を引いておき，読書終了後にまとめて調べる方法をとることにした．これは，太郎さんが日ごろ雑誌で見つけた情報を保存する際に利用している方法である．趣味の盆栽雑誌を読む際に，ためになるテクニックや好きな盆栽の写真など，保存しておきたい情報はペンで囲っておき，あとでまとめて切り抜いてファイリングしているのである．この方法ならば，線を引くだけなので読書行為の妨げになることはない．太郎さんは早速この方法を採用して読書を行ったが，今度は意味の分からない単語が数多く出現した場合に，読書を進めることが出来なくなってしまった.

シナリオ 3：取得情報の範囲決定

花子さんは食べ歩きを趣味としており，沢山のグルメ雑誌から情報収集を行っている．美味しそうなレストランを発見した際は，その記事を切り抜いてファイリングし，食べ歩きスクラップブックを作成していた．しかし収集した情報が膨大になり，本棚のスペースをとって困ってしまったため，雑誌記事をスキャナで取り込みパソコンに保存しようと思い立った．早速花子さんは手持ちの雑誌から気になるレストランを取り込もうとしたのだが，自分が保存したい情報だけを取り込むことがなかなか出来ない．グルメ雑誌は 1 ページに複数のレストラン情報が載っているため，雑誌全体を取り込むとどのレストランに興味を持ったのかが分からなくなってしまうのである．現在花子さんは，紙に貼っていたときのように切り抜いたり，興味をもった箇所にペンで丸をつけてから雑誌全体をスキャンしたり，ソフトウェアを使って取り込んだ画像を切り抜いたりと，快適な方法を試行錯誤中である.

シナリオ 4：取得情報の利用

みちこさんは料理作りが趣味である．レパートリーを増やすために，雑誌やインターネットで見つけたレシピを集めたお料理 blog を，自分用のスクラップブックとして作成している．以前は，紙のスクラップブックを作成していたのだが，レシピが増えるにつれ整理が難しくなり，探しているレシピを見つけるのが大変になってしまったので，パソコンで管理することにしたのである．雑誌の記事をパソコンに書き写すのは面倒であるが，レシピの管理が楽になったので，みちこさんは良かったと思っている．使う材料や料理名ですぐに検索できるだけでなく，料理の種類や調理時間などで分類することも簡単なので，求めるレシピをすぐに見つけられるようになったのだ．デジタルメディアは情報更新が容易であるため，実際に料理した際に撮影した写真や発見したコツなどを付け加えたり，レシピの修正を書き込んだりと，自分の経験をきちんと記録することができるようになり，みちこさんは料理の腕をますます磨いている.

2.4　機能要件

本節では，第 2.3.2 項で述べた 3 つのシナリオを参考に，紙発見デジタル利用型の情報収集を実現するための紙メディア情報取得手法に求められる機能要件を述べる．

1：直感的かつ少ない工程数

シナリオ 1 において太郎さんが紙メディア情報の取得を負担に感じてしまったのは，利用した既存手法が直感的でなく，作業工程が数ステップに及んだためである．直感的でない動作は読書への集中を途切れさせる．また，読書以外の作業が複数工程を必要とすると，読書を中断する時間が長くなってしまう．継続的な読書を快適に行うためには，読書行為の妨げとなる行動は避けなければならない．

2：即時利用型と後日利用型への対応

シナリオ 2 において太郎さんは，スクラップブックを作成する手法では，単語の意味を調べるという即時に情報を利用したい場合に対応できないことを学んだ．第 2.2.1 項において，情報収集は，収集した情報を利用するタイミングによって，即時利用型と後日利用型の 2 種類に大別できると述べた．紙メディア情報取得手法は，どちらの利用形態にも対応する必要がある．

3：取得範囲の限定

シナリオ 3 において花子さんは，自分が必要としている情報だけを取得したいと感じていることが分かる．同じ雑誌の同じ特集ページであっても，特集全体を取得したい場合，特集の中の一つの記事だけを取得したい場合，ある単語だけを取得したい場合などがあり，システムはユーザの意図を理解したうえで，適切な範囲を取得する必要がある．

4：取得情報の整理

この機能要件は，後日利用を目的とする情報収集において求められるものである．シナリオ 4 においてみちこさんは，パソコンを利用することでレシピの整理が容易になり，必要なレシピを即時に見つけられるようになったと喜んでいる．このシナリオのように，後に利用する際の利便性を高めるために重要となるのは，取得情報の整理である．紙メディア情報取得手法は，取得情報を保存する際にユーザが行う情報の整理を支援する必要がある．

2.5　本章のまとめ

本章では，本研究の対象である紙発見デジタル利用型の情報収集を定義し，考察を行った．情報収集の流れは，発見，保存，利用の 3 つのフェーズからなることを説明し，取得した情報を利用するタイミングによって，即時利用型と後日利用型の 2 つに分類されることを述べた．紙発見デジタル利用型の情報収集の問題点として，紙メディア情報の取得がユーザに負担を強いることをあげ，既存の紙メディア情報取得手法を説明しその特徴をまとめた．最後に，紙メディアを用いた情報収集を日常的に行う男女 10 名に対して行ったインタビューをもとに，本研究の想定するシナリオを 3 つ述べ，紙メディア情報取得手法の機能要件をまとめた．

第3章　しるし付けを用いた紙メディア情報取得

本章では，本研究のアプローチである**しるし付けを用いた紙メディア情報取得**について述べる．まず，紙メディア情報取得の作業工程を説明し，第 2 章で示した機能要件を考察する．その後，本研究の提案するしるし付けを用いた紙情報取得システム Markit について述べ，その有用性を機能要件に即して説明する．最後に，関連研究をあげて本研究との差異を示す.

3.1　紙メディア情報取得手法

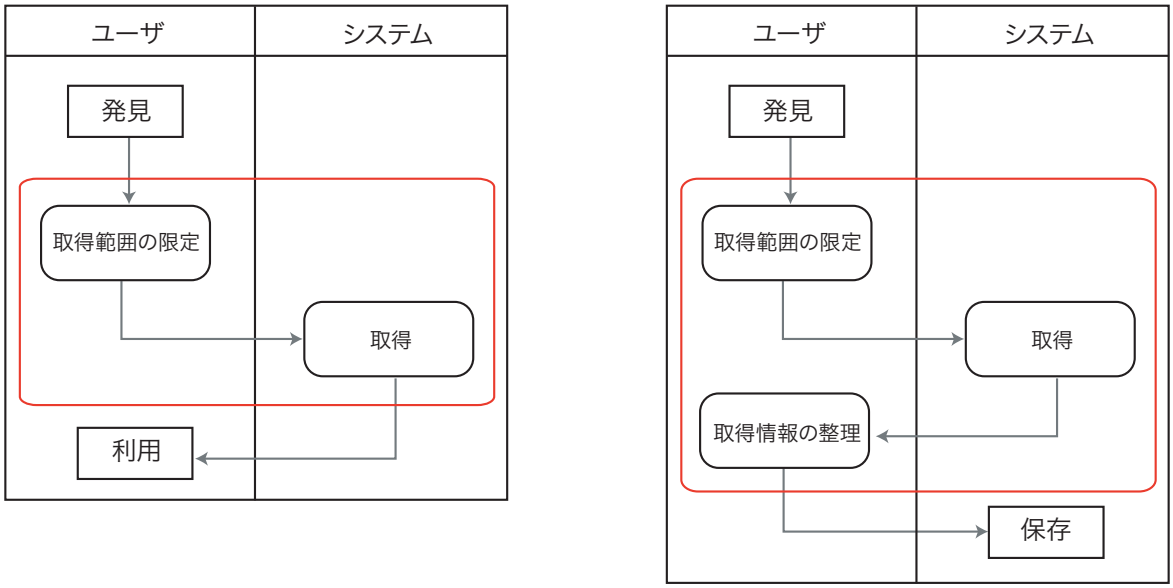
本節では，継続的な読書行為を支援するための紙メディア情報取得手法を提案するに先立ち，機能要件の考察を行う．第 2 章でまとめた機能要件を再度確認する．

1. 直感的かつ少ない工程数
2. 即時利用型と後日利用型への対応
3. 取得範囲の限定
4. 取得情報の整理

はじめに，紙メディア情報取得におけるユーザの作業工程を，1) 即時利用型と 2) 後日利用型の 2 つの利用形態別にまとめる．この作業工程から機能要件について考察し，その後 4 つの機能要件をそれぞれ議論する．

3.1.1　紙メディア情報取得の作業工程

紙発見デジタル利用型の情報収集は，第 2.2.1 項で述べたように，即時利用型と後日利用型の 2 種類に大別される．図 3.1 に，それぞれの利用形態における作業工程を示す．



即時利用型　　後日利用型

図 3.1: 紙メディア情報取得における作業工程

即時利用型

即時利用型の情報収集とは，紙メディアで発見した情報を即時にデジタルメディアに変換し利用する形態の情報収集である．ユーザは発見フェーズにおいて雑誌や新聞などの紙メディアから情報を取得し，興味のある情報を発見する．次に，紙メディア上の情報をデジタルメディアとして取得し，利用フェーズでは情報をデジタル形式で扱う．すなわち，紙メディア情報取得は発見フェーズと利用フェーズの間でなされる．ユーザが行うべき作業は，取得したい情報の範囲をシステムに示すことである．この際システム側は，即時に利用できる形式でユーザに情報を返さなければならない．

後日利用型

後日利用型の情報収集とは，紙メディア上に発見した情報をデジタルメディアに変換して保存し，その後様々な方法で利用する情報収集形態である．ユーザは，発見フェーズにおいて紙メディアの形式で情報を発見した後，情報をデジタルメディアに変換し，保存する．すなわち，紙メディア情報取得は発見フェーズと保存フェーズの間でなされる．ユーザが行うべき作業は，取得したい情報の範囲をシステムに示すことと，後の利用のために情報の整理を行うことの 2 つである．

図 3.1 で示した作業工程に基づいて，本研究の機能要件を再度確認すると，**2. 2 つの利用形態に対応** する紙メディア情報取得手法は，ユーザが行う作業である **3. 取得範囲の限定** と **4. 取得情報の整理**を，**3. 直感的かつ少ない項定数** で実現する必要があることが分かる．

次項より，これら 4 つの機能要件について議論を行う．

3.1.2　直感的かつ少ない工程数

大辞林 第二版によると，直感的とは推理・考察などによらず、感覚的に物事を瞬時に感じとることである．すなわち，直感的な紙メディア情報取得手法とは，自らの作業について考察することなく，感覚的に取得情報の範囲設定と整理を行うことの出来る手法であると考えられる．

また Norman は，著書 Design of Everyday Things [15] において，ユーザが直感的に利用できるデザインについてアフォーダンスの概念を用いて議論している．そのなかで，デザインの直感性を議論する際に利用できる“ 行為の 7 段階モデル ”を提唱している．ユーザがシステムを利用する際には，やりたいと思ったこと（ゴール）と，実際の行為（実行）と実行結果の解釈（評価）という 3 つの課程が存在し，ゴールで 1 段階，実行課程で 3 段階、評価課程で 3 段階の計 7 つの行為の段階があるというものである．行為の 7 段階モデルを以下に示す．

1. ゴールの形成

2. 意図の形成
3. 行為の詳細化
4. 行為の実行
5. 外界の状況の知覚
6. 外界の状況の解釈
7. 結果の評価

Norman によると，ユーザとシステムの対話には，実行における隔たりと評価における隔たりという 2 つの隔たりが存在する．実行における隔たりの度合いは，ユーザが自身の意図したとおりの行動を実行するための努力が如何に必要かによって判断できる．評価における隔たりの度合いは，ユーザが自身の意図の達成度合いを判断するために必要な努力の程度によって決定される．そしてこの 2 つの隔たりが小さいほど，デザインが直感的であるといえる．

以上から，直感的な紙メディア情報取得手法とは，ユーザが自身の意図する取得範囲と整理情報をシステムに示し，自身の意図が伝わったかを理解する際に，自らの作業について考察することなく感覚的に行えることであるといえる．

3.1.3 即時利用型と後日利用型への対応

即時利用型と後日利用型では，紙メディア情報を取得した後の作業が前者は利用，後者は保存とそれぞれ異っている．そのため，取得した紙メディア情報をデジタルメディアとして提供する際の形式は，それぞれの利用に適した形式が求められる．即時利用型の場合は，即時の利用が可能な状態で提供する必要がある．後日利用型の場合は，ユーザの意図する情報整理を行って保存する必要がある．また，継続的な読書においては，２つの利用形態の情報収集を共に行う場合もある．例えば，情報雑誌を読みながらデートのためにレストランを探している例では，条件にあったレストランを発見した場合は，レストラン名を取得して詳細情報の検索を行うが，今回は利用できないが興味を持ったレストラン情報はとりあえず保存しておく場合である．すなわち，即時利用型と後日利用型，2 つの形態に対応した紙メディア情報取得手法では，ユーザはどちらの形態でも手軽に情報収集でき，なおかつシステムはユーザの情報取得行為がどちらの利用形態であるのかを認識している状態が望まれる．

3.1.4 取得範囲の限定

ユーザは，紙メディア全体の中からある特定の範囲だけを取得したいと考える．取得範囲は，1) ページ全体，2) ページ内の一部分，3) 文字列の 3 種類に分類できる．図 3.2 において，情報雑誌の花火特集ページを例として示し，以下に 3 つの範囲について説明する．

1. ページ全体



図 3.2: 3 種類の取得範囲

図の例では，特集全体に興味を持った際に，ユーザはページ全体を取得しようとする．その他，ページ全体で一つの記事が印刷されている場合にも，ページ全体を取得しようとする．

2. ページ内の一部分

   花火特集の中でも特に隅田川の花火大会に興味を持った場合，ユーザはページ内の一部分を取得しようとする．このように特集の中の一要素を取得したい場合や，一段落だけを取得したい場合など，ページの中のある部分だけを取得しようとする例は多い．

3. 文字列

   隅田川の花火大会に興味を持ち，口コミやアクセス経路などの関連情報を詳しく調べたいと思った場合，ユーザはページ内の“ 隅田川花火大会 ”という文字列だけを取得しようとする．このように発見した単語について検索を行いたい場合や，連絡先を保存したい場合に，ユーザは文字列のみを取得する．

この 3 つの範囲に対応することで，取得範囲の限定に対応した紙メディア情報取得を実現できる．

3.1.5 取得情報の整理

取得情報の整理は，保存した情報を後に利用する際に，目的の情報を素早く発見するために行われる．

情報検索は一般的に，キーワードを用いた検索か階層的な分類のどちらかを利用する．例えば，書店において宮沢賢治の小説を探す例を考えると，前者の場合は書籍検索システムに“ 宮沢賢治 ”というキーワードを入力して書籍の検索を行い，後者の場合は小説エリアに足を運び，日本の作家コーナーのなかから“ み ”で始まる著者の書籍を探索する．

キーワードを用いた検索を実現するためには，取得した紙メディア情報に含まれるテキストは検索可能な形式である必要がある．例えば，雑誌記事を画像データとして保存しておいても，記事内のキーワードで検索することは出来ない．階層的な分類を実現するためには，ユーザの設定する分類に即して取得情報を保存する必要がある．

また Wurman は，著書 Information Anxiety 2 [16] において，全ての情報は 1)Location, 2)Alphabet，3)Time，4)Category，5. Hierarchy のうちいずれかを利用することで整理できると述べ，5 つの方法をその頭文字を用いて LATCH と名づけている．すなわち，紙発見デジタル利用型の情報収集においても，これら 5 つのうちのどれかを用いることで，適切な情報整理が可能となる．第 2.3.2 項において述べたインタビューにおいて，収集した情報の整理方法について尋ねたところ，time と Category すなわち取得日時と分類が重要であることが分かった．さらに分類に関しては，雑誌や記事のジャンルだけでなく，利用目的や自分が何故興味を持ったのかなど，ユーザにしか分からない情報を残しておきたいという欲求を得た．

3.2 本研究のアプローチ

本研究は，紙発見デジタル利用型の情報収集を読書を妨げずに実現することを目的とし，しるし付けを用いた紙メディア情報取得 Markit を提案する．本節では，Markit 利用の流れを述べた後，本システムの詳細と有用性を機能要件に即して説明する．

3.2.1 利用の流れ

図 3.3 に，Markit システム利用の流れを示す．

ユーザは，紙メディア上で発見した情報に対して，ペンまたは付箋を用いてしるし付けを行う．即時利用の際は，しるし付けられた箇所がすぐさまテキストデータとなりユーザに提供される．後日利用型の場合は，ユーザはしるし付けの際にペンや付箋の色を用いて情報の分類を行う．Markit システムは，しるし付けられた箇所の画像データとテキストデータをセットにし，ユーザの示した分類に基づいて保存する．

本システムは，ユーザ上部にカメラを設置し画像解析によってしるし付けを検知する．また，紙メディア情報の取得は，同じカメラと OCR 技術を用いて実現する．ユーザに提供されるデジタルメディアは，紙メディアを撮影して取得した画像データと，画像から OCR を利用して取得したテキストデータのセットである．さらに，Markit は 2 つの利用形態別にユーザの情報利用を支援するために，2 つのアプリケーションを有している．即時利用に対応する Web 検索アプリケーションと，後日利用に対応するスクラッピングアプリケーションである．

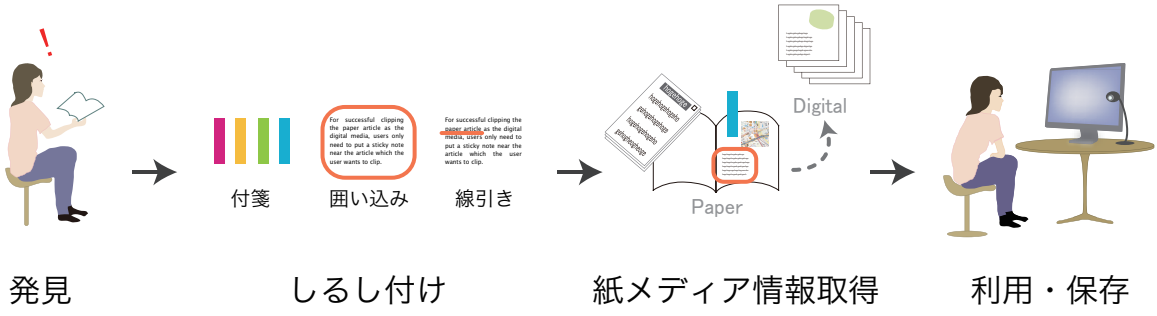


図 3.3: 利用の流れ

3.2.2 しるし付けを用いた紙メディア情報取得

本項では，本研究で提案するしるし付けを用いた紙メディア情報取得手法を，機能要件に即して具体的に説明し，有用性を議論する．

直感的かつ少ない工程数

Markit システムは，しるし付けを利用することで直感的かつ工程数の少ない紙メディア情報取得を実現する．しるし付けとは，紙メディア上の注目箇所にしるしを付ける行為である．図 3.4 に示すように，付箋の貼付や折り目付け，ペンでの書き込みなどがある．しるし付けは，紙メディアを利用する際に人々が一般的に行っている動作であり，注目箇所を示す行為である．そのため，努力なく感覚的に取得したい箇所を提示することができる．また，しるし付けは 1 工程で行えるため，工程数も少ないといえる．

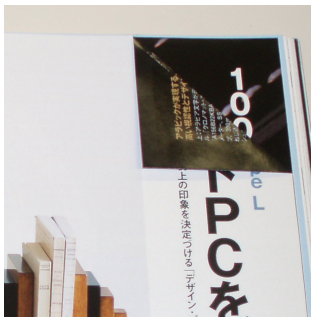
即時利用型と後日利用型への対応と取得範囲の限定

本システムは，1) 付箋の貼付，2) ペンでの囲い込み，3) ペンでの線引き，の 3 種類のしるし付けによって，2 つの利用形態への対応と取得範囲の限定を実現する．図 3.5 に，本システムで提供する 3 つのしるし付けを図示する．

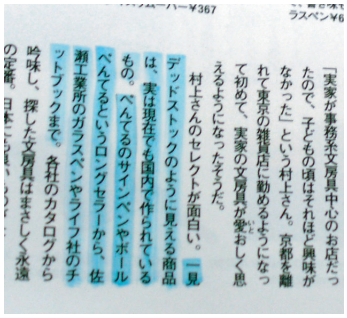
まず，取得範囲の限定について説明する．本システムでは，1) ページ全体，2) ページ内の一部分，3) 文字列という 3 つの取得範囲をそれぞれ，1) 付箋の貼付，2) ペンでの囲い込み，3) ペンでの線引きの 3 つのしるし付けと対応させる．これによりユーザは，3 種類の範囲を全て 1 工程で取得できる．3 つの対応は，それぞれのしるし付けで示すことの



付箋



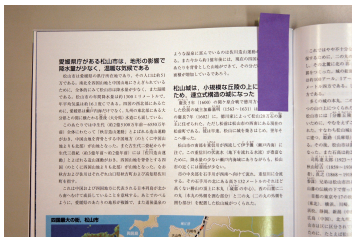
折り目付け

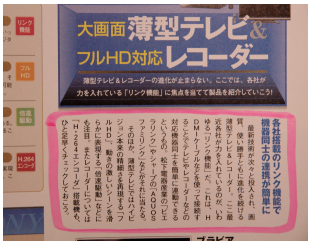


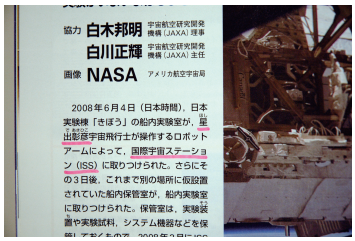
ペンによる書き込み

図 3.4: しるし付けの例

出来る範囲の大きさによって定めた．付箋は詳細な範囲指定は出来ないが 1 工程で大きく範囲を限定することが出来るためページ全体に対応させ，囲いこみは全体のうちの一部分を特定させる際に利用するしるし付けであるためページ内の一部分に対応させる．線引きは，沢山の情報には手間取るため利用できないが，詳細な指定が可能であるため文字列に対応させる．また，しるし付けによって取得される紙メディア情報は，付箋の場合はカメラで撮影された画像データ全体，囲い込みと線引きの場合は囲われた箇所または線を引かれた箇所を切り抜いて作成した画像データとなる．







付箋　　囲い込み　　線引き

図 3.5: 本研究が提供する 3 つのしるし付け

次に 2 つの利用形態への対応について述べる．Markit では 2 つの利用形態をともに実現するため，3 つのしるし付けのうち，線引きを即時利用に付箋と囲い込みを後日利用に対応させる．これは，即時利用の場合は文字列を扱うことが多く，後日利用の場合は記事やページ全体といったある程度量のある情報を扱うことが多いためである．ただし，ユーザ

の読書形態によってはこの対応付けが謝っている場合もあるため，本システムではしるし付けと利用形態の対応をユーザが設定可能とした．また，2 つの利用形態別にユーザの情報利用を支援するために，本システムは 2 つのアプリケーションをユーザに提供する．即時利用に対応する Web 検索アプリケーションと，後日利用に対応するスクラッピングアプリケーションである．Web 検索アプリケーションは，ユーザが取得した文字列をキーワードに Web 検索を自動で行うアプリケーションである．スクラッピングアプリケーションは，ユーザが取得した情報を分類して保存し，分類別かつ取得日時順に取得情報を閲覧することが出来るビューアを提供する．

情報の整理

本システムでは，付箋とペンの色を利用して情報の分類を行い，取得日時を自動取得することで，情報整理を支援する．本研究では初期設定として“ 重要 ” 興味 ” 疑問 ”というユーザの取得目的に関する分野を提供する．これは，ユーザの興味の理由というユーザからしか得られない情報を保存するためである．また，ユーザによって分類方法が大きく異なることが考えられるため，色や分類は自由に設定可能とした．ユーザは本システムの提供する設定画面を用いて，利用する付箋とペンをあらかじめカメラで撮影し，色と分類の対応付けを設定する．本システムは，しるし付けに用いられた色によって，取得した情報を分類して保存する．

情報を色によって区別・分類することは，普段からよく行われており直感的である．また，本手法によってユーザは取得範囲の限定と情報の整理を同時に行うことが出来るため，全ての作業を 1 工程で完了可能である．このため，継続的な読書を妨げることなく紙メディア情報を取得できる．本手法の問題点として，色を用いた分類では多数のカテゴリを設定できないことがあげられる．色の判別を詳細に行うことが難しく，ユーザも色とジャンルの対応を記憶することが困難になるためである．しかし，本手法ではユーザの作業工程を少なくし，かつ直感的な情報取得を提供するために，本手法を採用した．また，情報分類は通常階層化さてるため，収集した情報の大まかな分類に利用するためには十分であると考えた．

3.3 関連研究

紙メディアを対象とした研究は様々に行われている．例えば，紙メディアに情報を付加する技術にビジュアルマーカをカメラで読み取る ARToolkit [17] がある．The mixed reality book [18] や The memory book [19] は，ARToolkit を用いて紙メディアにデジタルメディアを付加している．また，QR コードと携帯端末を利用した紙メディア情報取得も幅広く利用されている [20][21]．ARToolkit や QR コードだけでなく，独自のマークを印刷することで，紙メディアの内容を認識する手法もある [22]．その他，紙メディアにデジタルメディアを付加する研究には，音声を加える Audio Notebook [23] があげられる．また，手書き文字を認識する技術も盛んに研究されている．本技術は，紙メディアとデジタルメディアを連携

させることを目的とした研究において幅広く利用されている [24][25][26]．PaperWindows [27] では，紙メディアを対象としたインタラクションに着目し，Vicon Motion Capturing System を利用することで紙を持つ，重ねる，曲げる，こするなどの 8 つのインタラクションを取得している．次項より，紙メディア情報取得手法に着目し，手法毎に関連研究をあげて本研究との差異を示す．

3.3.1 やさしくデジタルファイリング

やさしくデジタルファイリング [10] は，メディアドライブ株式会社が開発したデジタル保存型スクラッピングシステムである．様々な形式のファイルを一括で管理することが出来，紙発見デジタル保存型スクラッピングにも対応している．スキャナで読み取った紙メディアは，OCR によって透明テキスト付き PDF へ変換することができる．整理や後の利用における利便性を重視しており，様々な機能が実装されている．例えば，ファイルの分類，日付やファイル形式によるツリー構造での表示，重要な箇所にマーカーを引いたりコメントの追加などができるアノテーション機能などである．

やさしくデジタルファイリングは，OCR とスキャナを用いて紙メディア情報取得を行う．スキャナで読み込む作業だけでなく，情報整理もコンピュータを用いて行わなければならないため，読書を大幅に中断するという問題がある．

3.3.2 EnhansedDesk

小池らの提案する EnhancedDeck [28] は，紙とデジタル情報の統合を目的とした机方実世界志向システムである．机上の本や書類といった紙メディアに関連するデジタル情報を机上に投影することで，従来はユーザが行っている紙メディアとデジタルメディアの連携を自動的に行う．また，指によるデジタル情報の操作が可能であり，デジタル情報を直感的な動作で扱うことができる．図 3.6 にシステム使用図を示す．紙メディアの認識には 2 次元バーコードを，手指の認識には赤外線カメラ，デジタル情報の投影にはプロジェクタを用いる．

EnhancedDesk は，ユーザ上部のカメラによる画像解析を利用することで，継続的な作業を妨げない紙メディア情報の取得を実現している．しかし，2 次元バーコードを利用するため，一般的に流通している紙メディアや，ユーザが作成した紙メディアでは利用できない．

3.3.3 PaperLink

PaperLink [29] は，紙メディアに対してデジタルな関連付けを付加する研究である．ユーザが，ペンにカメラを付加した VideoPen を用いて紙メディアに線を引くと，システムはパターン認識によって線引き箇所の認識を行う．ユーザは，線を引いた箇所にたいしてア

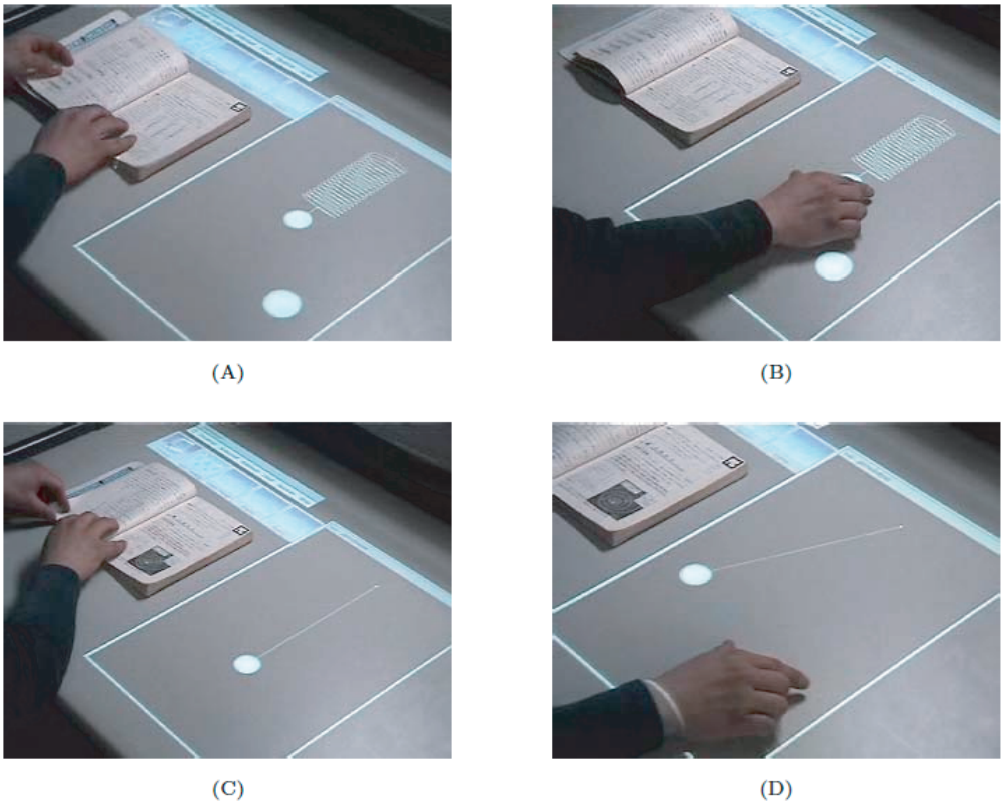


図 3.6: EnhancedDesk

クションを関連付けることが出来，その後同じ箇所をペンでなぞることで関連付けたアクションが引き起こされる．また，OCR を用いた文字認識も行っている．

PaperLink はペンにカメラを付加した VideoPen によって，ユーザ上部に設置したカメラを用いた手法よりもモビリティに優れた紙メディア情報取得を実現している．しかし，幅広い範囲の紙メディア情報取得には向かない上に，VideoPen という特殊なデバイスが必要であるという問題がある．

3.3.4 Digital Paper Bookmarks

Digital Paper Bookmarks [30] は，ユーザが付箋貼付によって行った紙メディアへの注釈を取得し，デジタルメディアに反映する研究である．色とマークの違う 4 種類の付箋を提供し，文章構造や重要部分，未理解部分などの注釈を可能にする．付箋貼付や紙メディア内容の認識には，Anote 技術を用いて実現する．ユーザが行った注釈は，紙メディアに対応するデジタルメディアに反映され，仲間との共有が行われる．図 3.7 に，Digital Paper Bookmarks における紙メディアへのしるし付けとデジタルメディアでの利用を示す．

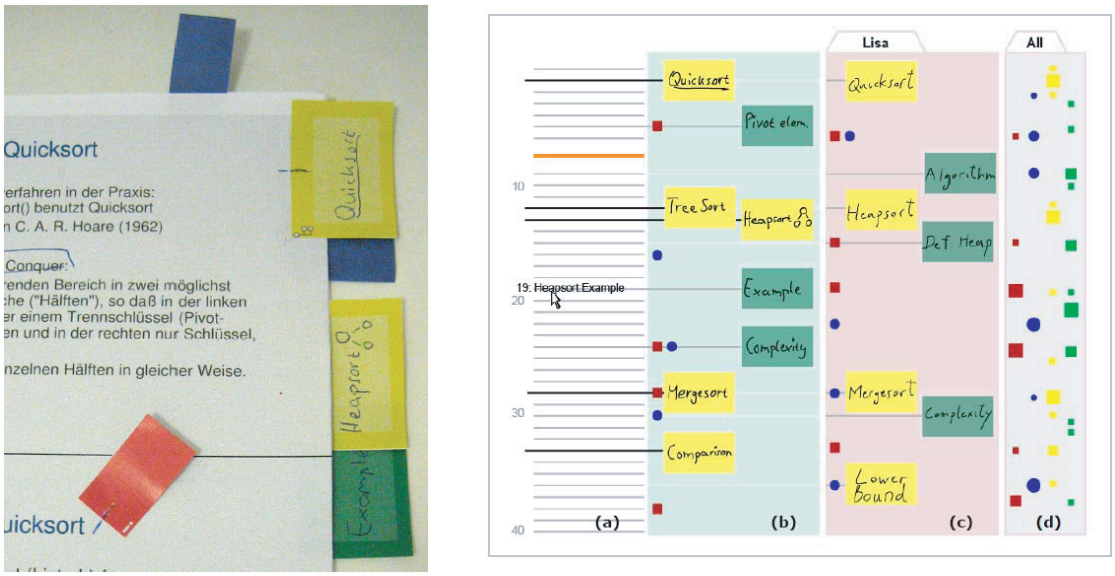


図 3.7: Digital Paper Bookmarks

Digital Paper Bookmarks は，ユーザが紙メディアに対して行うしるし付けに着目し，紙メディアを用いて行う知的作業をデジタルメディアに反映することで，仲間との共有を可能にし，作業を支援している．しかし，Anote 技術を用いた紙情報取得手法では，紙メディアと対応するデジタルメディアが必要となる．Digital Paper Bookmarks は，講義資料を用いた学習を対称にしているため，対応するデジタルメディアを用意することが出来るが，本研究の対象とする雑誌や書籍などの紙メディアを用いた情報収集では，紙メディア自体の情報を取得する必要がある．

3.3.5 関連研究との比較

4つの関連研究と Markit を比較し，表 3.1 に示す．Markit は，設置されたカメラを利用するためモビリティはない．しかし，本研究の対象とする継続的な読書を妨げない紙メディア情報取得に非常に有効な手法であるといえる．

表 3.1: 関連研究との比較

	直感的かつ少ない工程数	2つの利用形態への対応	取得範囲の限定	情報の整理	汎用性	モビリティ
やさしくデジタルファイリング	×	×	△	○	○	△
EnhansedDesk	○	△	△	×	×	×
PaperLink	○	△	△	○	△	○
Digital Paper Bookmarks	○	△	△	○	×	○
Markit	○	○	○	○	○	×

3.4 本章のまとめ

本章では，まず本研究の対象とする紙発見デジタル利用型の情報収集のための紙情報取得手法について考察し，支援すべきユーザの行動についてまとめた．次に，本研究のアプローチであるしるし付けを用いた紙情報取得手法を述べ，その特徴を説明した．最後に関連研究をあげ，本研究との差異を示した．

第4章　Markitの設計

本章では，しるし付けを用いた紙メディア情報取得システム Markit の設計について述べる．設計の概要と Markit を構成する各モジュールについて説明する．

4.1 Markitの概要

Markit システムは，紙発見デジタル利用型の情報収集を支援することを目的とし，本研究の提案するしるし付けを用いた紙情報取得を実現するシステムである．紙メディアに対するしるし付けを用いることで，紙メディアから情報を取得しデジタルメディアとして利用することを，容易かつ直感的に行うことを可能にする．また Markit システムは，情報収集の 2 つの利用法である即時利用と後日利用を共に支援する．さらに，それぞれの利用法に即したデジタル利用を支援するため，即時利用のための Web 検索アプリケーションと，後日利用のためのスクラッピングアプリケーションをそれぞれ提供する．本システムは，紙メディアの情報を取得するため，カメラを用いてリアルタイムにユーザの読書を撮影する．これにより，特別なデバイスを使用することなく，一般的な付箋やペンを用いたしるし付けによって紙メディア情報を取得することが可能である．

本節では，本研究の提案するしるし付けを用いた紙情報取得手法を実現する Markit システムの想定環境を述べ，次にハードウェア構成とソフトウェア構成を説明する．

4.1.1 想定環境

本システムは，雑誌や新聞などの紙メディア上の記事を対象とする．また本研究で支援するのは，机に向かって継続的に行う読書である．ユーザの上部には web カメラが設置されており，ユーザはその下で読書を行うことを想定する．図 4.1 に想定環境を示す．

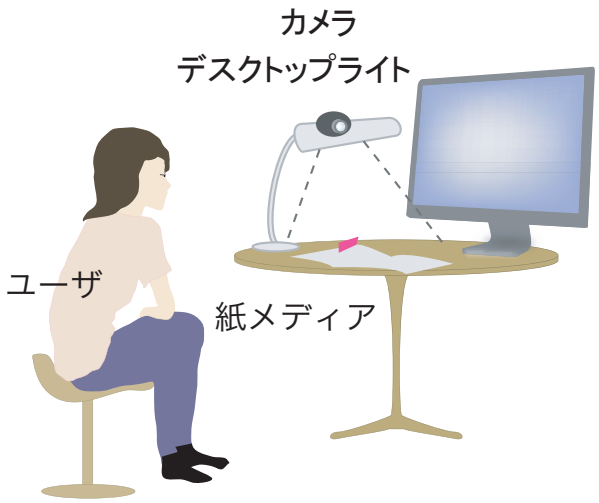


図 4.1: 想定環境

4.1.2 ハードウェア構成

Markit のハードウェア構成について説明する．ハードウェアは，ユーザ PC，WEB カメラ，ディスプレイの 3 つから構成される．ハードウェア構成図を図 4.2 に示す．以下に，

それぞれのハードウェアについて説明する．

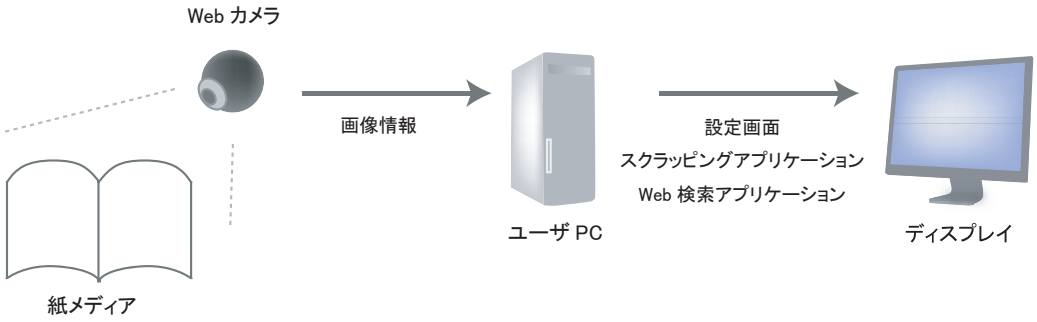


図 4.2: ハードウェア構成図

ユーザ PC

ユーザ PC は，各々のユーザが利用するコンピュータである．しるし付け動作の検知や紙メディアからの情報取得，Web 検索アプリケーションやスクラッピングアプリケーションから構成される Markit システムが動作している．Markit システムは，Web カメラから紙メディア情報を取得しユーザ PC 内に情報を保存したのち，ディスプレイへ取得情報を渡す．

Web カメラ

Web カメラは，紙メディアの情報をデジタルメディアへ変換する．Web カメラを用いて，ユーザのページめくりとしるし付け動作を検知し，対象となる紙メディア情報を取得する．

ディスプレイ

ユーザが取得した情報を表示する．即時利用の場合は，Web 検索アプリケーションがブラウザを立ち上げて検索結果を表示する．後日利用の場合はスクラッピングアプリケーションがユーザ PC 上で保持されている取得情報をもとに，スクラッピング内容を表示する．

4.1.3 ソフトウェア構成

次に、Markit のソフトウェア構成について説明する．Markit のソフトウェアは，Markit 設定モジュール，ユーザ動作検知モジュール，紙メディア情報取得モジュール，Web 検索アプリケーション，スクラッピングアプリケーションの大きく５つから構成される．ソフトウェア構成図を図 4.3 に示し，各ソフトウェアについて説明する。

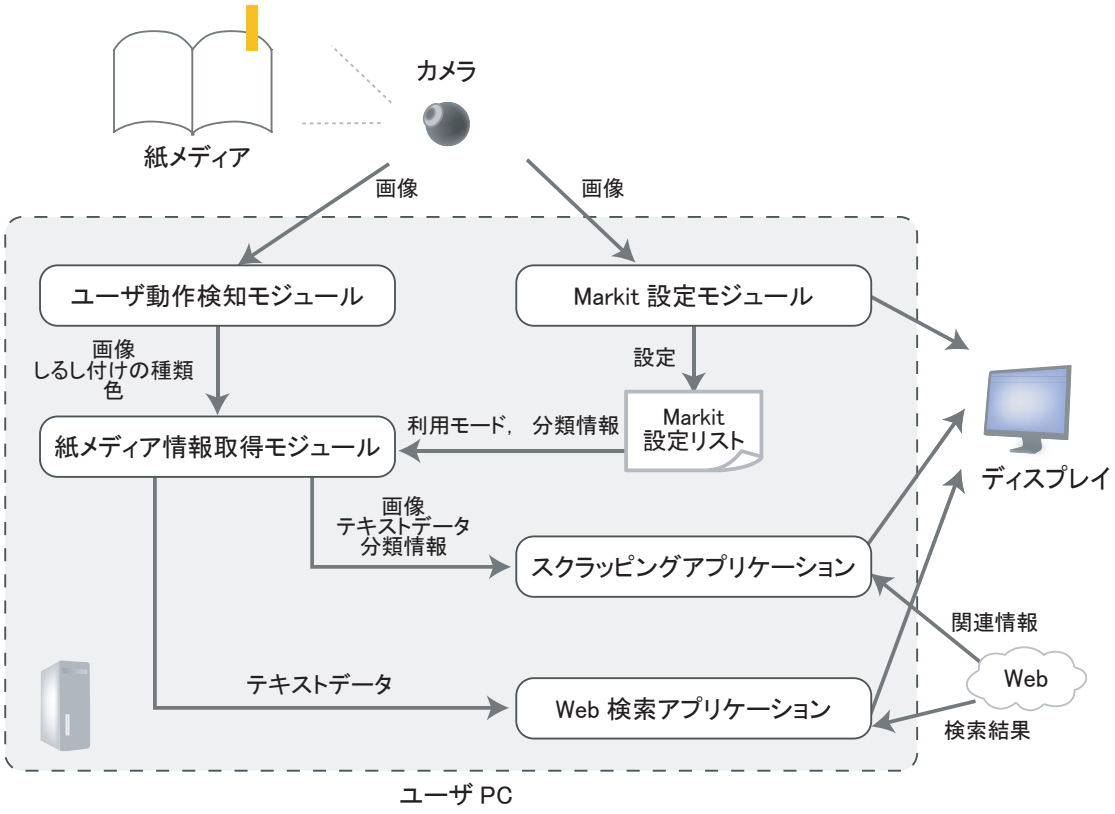


図 4.3: ソフトウェア構成図

Markit 設定モジュール

ユーザの利用する付箋とペンの色の設定，色と分類の対応づけ，しるし付けと利用形態の対応付けの 3 点を行う設定画面を有する．設定は，Markit 設定リストとして保持される．

ユーザ動作検知モジュール

ユーザ動作検知モジュールは，Web カメラから取得した画像を元に，ユーザのページめくりとしるし付けを検知する．これにより，ユーザの紙メディア情報取得欲求の検知を行う．

紙メディア情報取得モジュール

紙メディア情報取得モジュールは，ユーザの欲する紙情報の範囲をユーザ動作検知モジュールから受け取り，紙メディア情報を Web カメラから画像データとして取得する．さらに，取得した画像データから OCR ライブラリを用いてテキストデータを抽出する．その後，即時利用の場合は Web 検索アプリケーションにテキストデータを渡し，後日利用の場合は画像データとテキストデータをユーザ PC 内の所定ディレクトリに保存する．

Web 検索アプリケーション

Web 検索アプリケーションは，紙メディア情報取得モジュールから受け取ったテキストデータをキーワードに Web 検索を行う．

スクラッピングアプリケーション

スクラッピングアプリケーションは，取得情報の閲覧と整理を可能とする後日利用支援アプリケーションである．取得情報を分類別に表示するビューアを有し，関連情報の自動スクラッピングを行う．

4.2　各モジュールの設計

本節では、上述した Markit システムを構成する要素である各モジュールとアプリケーションについて詳しく説明する。

4.2.1 Markit 設定モジュール

Markit 設定モジュールは，設定画面表示部，カメラ画像取得部，設定管理部からなる．設定画面表示部は，ユーザがしるし付けをカスタマイズするための設定画面を表示する．設定画面では，ユーザが利用する付箋やペンの色と，色と分類の対応付け，しるし付けと利用形態の対応付けの 3 つが設定可能である．利用する付箋やペンの色の設定では，実際にカメラで撮影している画像が設定画面上に表示されるので，ユーザは付箋やペンをカメラに写すことで利用する色を設定する．この際必要となるカメラ画像はカメラ画像取得部が取得し，設定画面表示部に渡される．設定管理部は，決定された設定を Markit 設定リストとしてファイルにプレーンテキストとして保存する．

4.2.2 ユーザ動作検知モジュール

ユーザ動作検知モジュールは，常時 Web カメラから画像を取得し画像解析を行ってユーザの動作を検知する．本モジュールが検知する動作はページめくりとしるし付けの 2 つである．ページめくりは，読書中のページ画像を取得するために検知する．カメラ画像から紙メディア情報を取得する際，ユーザのしるし付けが行われた段階で画像を取得すると，しるし付けやユーザの腕などが邪魔になる．そのため，本システムではページをめくった段階で予め読書中のページを現在ページとして取得しておくことで，ユーザに提供する画像データとテキストデータの精度を高めている．

ユーザ動作検知の流れは，図 4.4 のようになっている．まず，カメラで取得している画像を前後のフレームで比較し差分を取得する．大きな差分が続いた場合ページめくり発生と判断する．その後，差分が少なくなった場合はぺーじめくり終了と判断し，現在ページ画像を取得する．通常状態から，設定画面で指定された色の増加を検知した場合はしるし付け発生と判断する．増加と移動が落ち着くとしるし付け終了と判断し，色の増加の仕方，増加部分の大きさと形，色によって，3 つのしるし付けの識別を行う．

しるし付けを検知すると，本モジュールはしるし付け範囲の座標を取得し，現在ページ画像から同じ座標箇所を切り取って，ユーザに提供する画像データを作成する．最後に，作成した画像データとしるし付けの種類，色情報を紙メディア情報取得モジュールに渡す．

4.2.3 紙メディア情報取得モジュール

紙情報取得モジュールは，紙メディア情報取得管理部，テキスト取得部，設定確認部，取得情報保存部，アプリケーション通知部からなる．図 4.5 に即時利用の場合におけるシーケンス図，図 4.5 に後日利用の場合におけるシーケンス図を示す．

紙メディア情報取得管理部

紙メディア情報取得管理は，まずユーザ動作検知モジュールから画像データとしるし付けの種類，色情報を受け取る．次に，画像データをテキスト取得部に渡し画像データに含

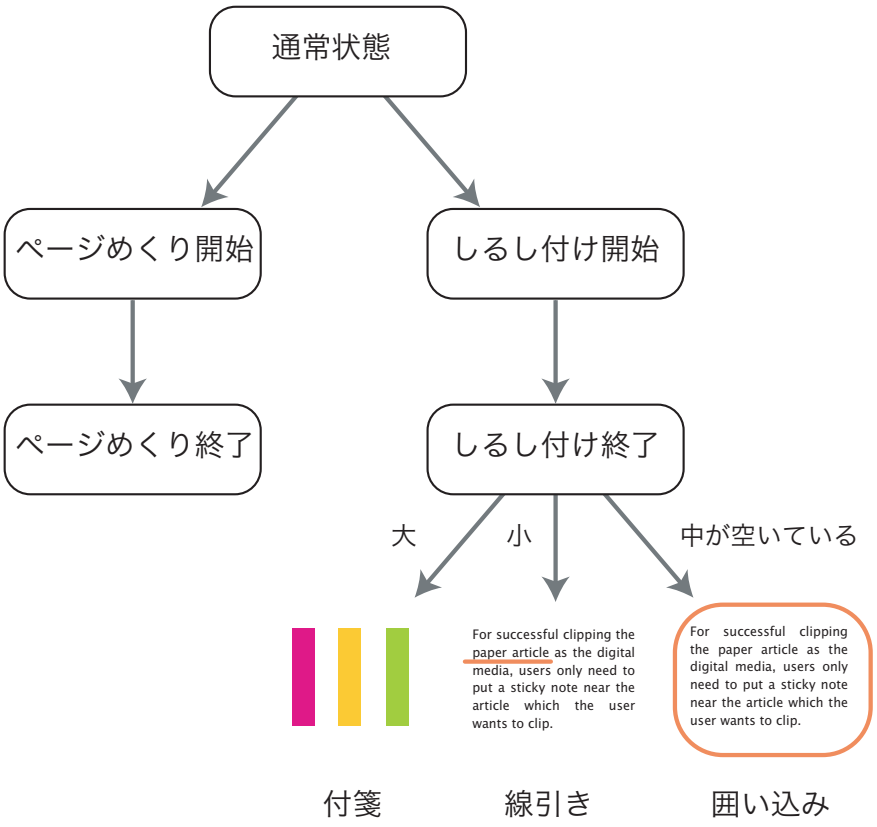


図 4.4: ユーザ動作検知の流れ

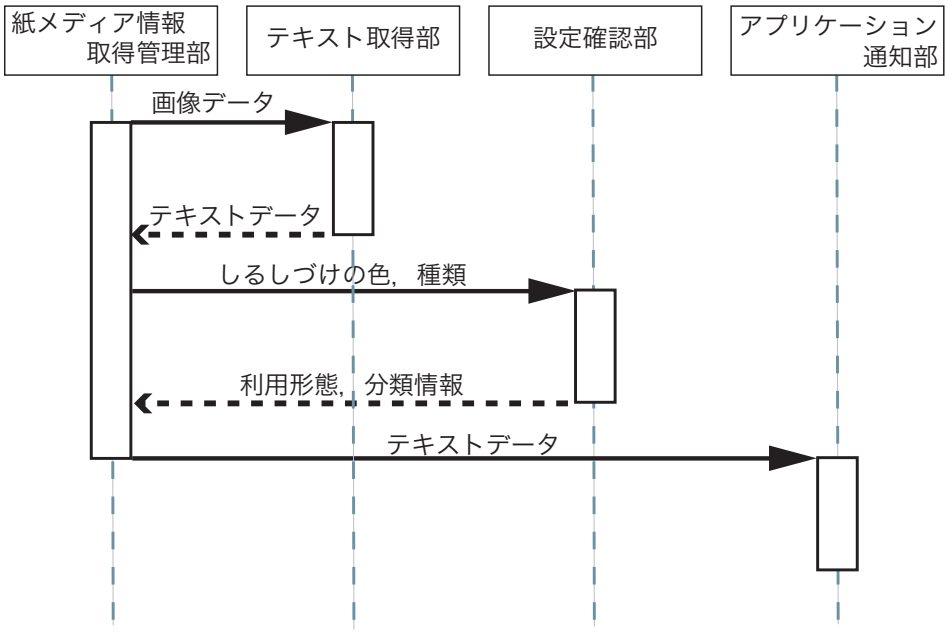


図 4.5: 紙メディア情報取得モジュール シーケンス図：即時利用

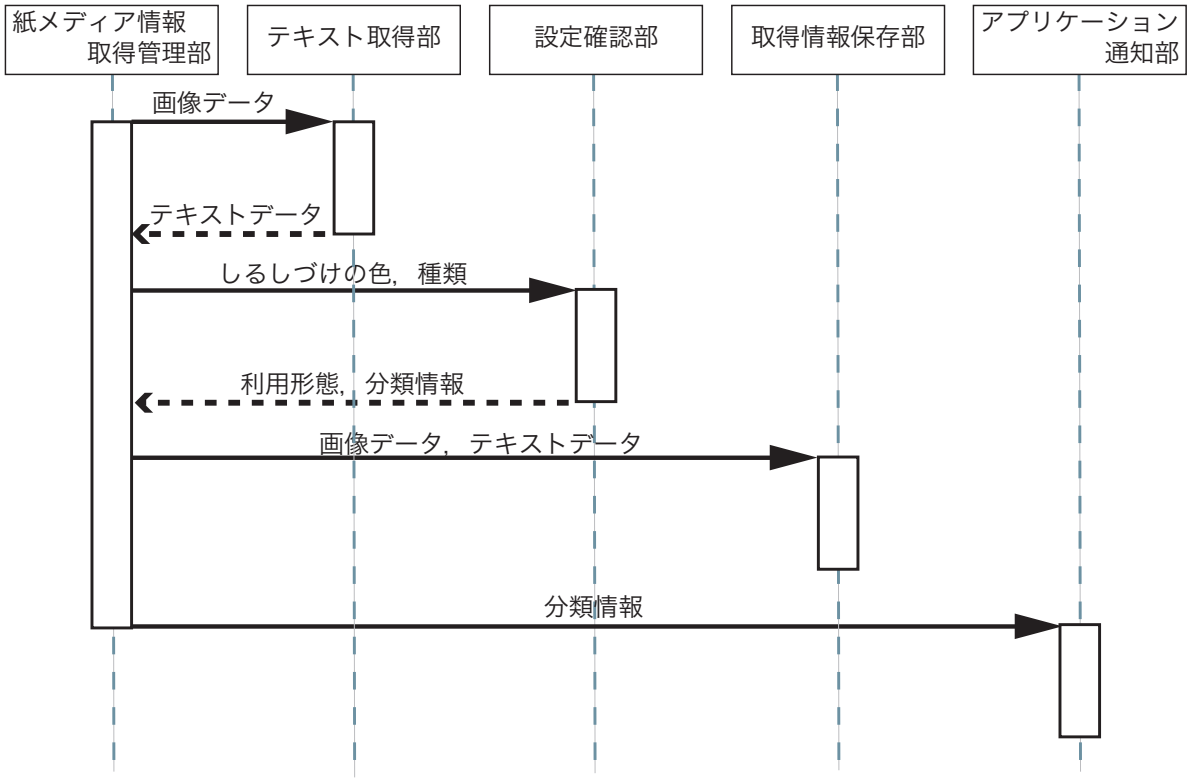


図 4.6: 紙メディア情報取得モジュール シーケンス図：後日利用

まれるテキストデータを返してもらう．また，設定確認部にしるし付けの種類と色情報を渡し，即時利用か後日利用かという利用形態の種類，後日利用の場合は分類の情報を返してもらう．後日利用の場合は，画像データとテキストデータ，分類情報を取得情報保存部に渡す．即時利用の場合は，テキストデータをアプリケーション通知部に渡す．

テキスト取得部

テキスト取得部は，紙メディア情報取得管理から画像データを受け取り，OCR を用いて抽出したテキストデータを返す．

設定確認部

設定確認部は，紙メディア情報取得管理からしるし付けの種類と色情報を受け取ると，Markit 設定リストを参照して，即時利用モードか後日利用モードがを判断する．後日利用の場合は，分類の情報も取得する．その後，紙メディア情報取得管理に情報を返す．

取得情報保存部

取得情報保存部は，受け取ったテキストデータを形態素解析してキーワードを取得し，テキストデータに追加する．次に，画像データとテキストデータに取得時間を用いて名前をつけ，分類情報に基づいて所定のディレクトリに保存する．その後，アプリケーション通知部に分類情報を渡す．

アプリケーション通知部

アプリケーション通知部は，受け取ったテキストデータを Web 検索アプリケーションに渡す．分類情報を受け取った際は，スクラッピングアプリケーションに分類情報を渡す．

4.2.4　Web 検索アプリケーション

Web 検索アプリケーションは，紙メディア情報取得モジュールから受け取ったテキストデータが閾値以下の長さだった場合に，テキストデータをキーワードに Web 検索を行う．閾値以上の長さだった場合は，形態素解析を行って名詞と未知語を抜き出し，リスト化して GUI 上に表示する．また，クリップボードに文字列を転送する．これにより，即時利用で最も多く行われる利用法である Web 検索とその他の利用方法を共に支援する．

4.2.5　スクラッピングアプリケーション

スクラッピングアプリケーションは，情報管理部，Web 通信部，ビューワ管理部で構成される．

情報管理部

情報管理部は，ユーザが取得した紙メディア情報の管理を行う．紙メディア情報取得モジュールから新規情報の追加を知らせられた場合は，受け取った分類情報を元にディレクトリを検索し，新規情報をビューワ管理部に渡す．

Web 通信部

渡されたキーワードを元に Web 上で検索を行う．検索結果の上位順に，Web サイトのタイトルと URL を返す．

ビューワ管理部

ビューワ管理部は，ビューワの表示を行う．情報管理部から新規情報を受け取った場合は，Web 通信部にキーワードを渡して関連する Web ページ情報を受け取り，表示を更新する．

4.3 本章のまとめ

本章では，本研究で提案するしるし付けを用いた紙メディア情報取得手法を実現する Markit システムの設計について述べた．本システムのハードウェア構成とソフトウェア構成を述べ，各モジュールの詳細な設計を説明した．

第5章　Markitの実装

本章では，Markit システムの実装について述べる．まず実装環境について述べ，その後各ソフトウェアの実装について述べる．

5.1 実装環境

実装環境を表 5.1 に示す.

表 5.1: ユーザ PC 実装環境

CPU	Intel Core2 Quad
主記憶	3.25GB
OS	WindowsXP
javaVM	J2SDK 1.6.0
形態素解析ライブラリ	茶筅
OCR ライブラリ	Panasonic カラー OCR ライブラリー Ver.12.01
Web カメラ	Logicool Qcam Pro 9000

形態素解析を行うライブラリには茶筅 [31] を用いた．OCR ライブラリは，Panasonic カラー OCR ライブラリー [32] を用いた．また，Web 検索ライブラリは GoogleAPI[33] を用いた.

本システムの全体図は図 5.1 のようになっている．デスクトップライトに Web カメラを設置し，ユーザ動作の検知と紙メディア情報の取得を行った.

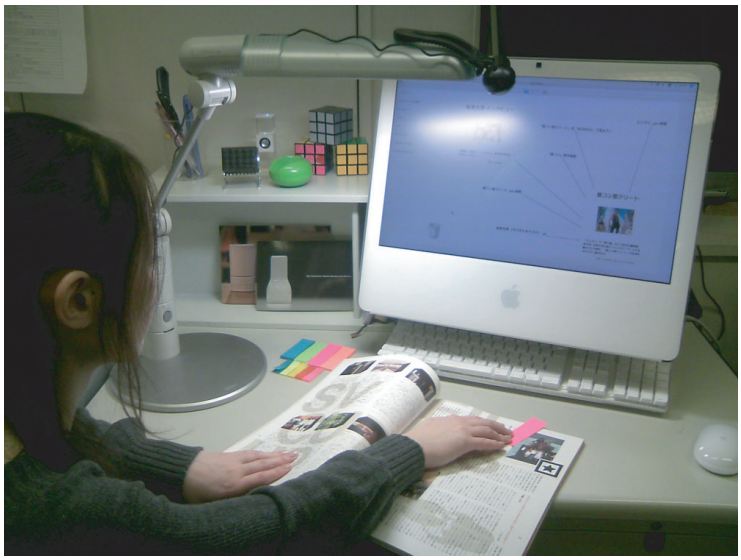


図 5.1: システム全体図

5.2 各モジュールの実装

本節では、Markit システムを実現するソフトウェアの実装について述べる．まずソフトウェアモジュールについて，次いで 2 つのアプリケーションを説明する.



図 5.2: 付箋の色

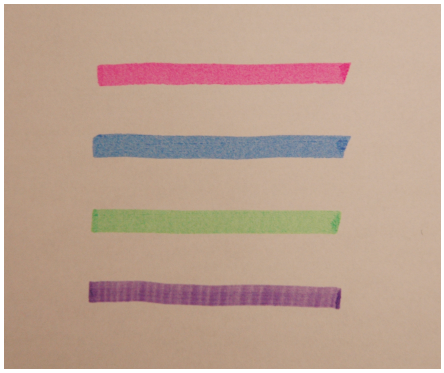


図 5.3: ペンの色

5.2.1　ユーザ動作取得モジュール

ユーザ動作取得モジュールでは，画像解析を用いてユーザのページめくりと 3 種類のしるし付けを検知する．それぞれの動作検知について以下に説明する．

ページめくり検知

ページめくり検知は，Web カメラからの取得する画像の背景差分によって行う．フレーム間での差分が閾値より大きい状態が続き，その後差分が小さい状態が続いた場合にページめくりが行われたと判断している．また，ページめくりによって取得し保持されている現在ページと，しるし付けが行われた際に取得する画像とを比較し，しるし付け部分以外の差分が閾値を超えた場合は，現在ページ情報が誤りであると判断し，しるし付けが行われた際に取得した画像を取得情報として採用している．

しるし付け検知

しるし付け検知は，色の増加を利用して行っている．カメラ画像内において，ユーザが予め設定した色が増加し，その後増加が止まった場合に，しるし付けであると判断する．増加部分にラベリング処理を行い，離れた箇所にある小さな塊をノイズとして除去し，しるし付け箇所を確定する．また，色はカメラ画像全体の明るさや雑誌の背景や素材に左右されるため，ある程度の幅をもたせて認識する．しるし付けの判別は，色の増加が素早く終わり，増加した色の塊が大きい場合は付箋貼付，色の増加部分が幅広い範囲に及び，真ん中が埋まっていない場合は，ペンを用いた囲い込みであると判断する．増加部分が小さく，色の増加と移動が長かった場合はペンによる線引きであると判断する．今回の実装で用いた付箋とペンの色を，図 5.2 と図 5.3 に示す．

しるし付けを検知した後は，ページめくり検知で取得し保持している現ページ画像から，しるし付け箇所を切り取る．しるし付けが囲い込みの場合，ユーザによって四角く囲い込む場合と丸く囲い込む場合があるが，色の増加分のうち一番外側にあるピクセルの

位置で四角く切り取ることで，どのような形でも情報が切れることのないようにしている．線引きの場合，ユーザによって文字列の下に引く場合と文字列にかぶせて引く場合があり，さらにフォントサイズも様々であるため，ある程度幅をもって画像を切り取っている．色の増加部分の横幅が縦幅より大きい場合，文字列は横書きであると判断し，上方向の切り取りに幅を持たせる．縦書きの場合は左方向の切り取りに幅を持たせる．

5.2.2　紙メディア情報取得モジュール

本項では，紙メディア情報取得モジュールを構成する各部の実装について述べる．

テキスト取得部

テキスト取得部は，画像・しるし付け取得部から画像データを受け取り，OCR を用いて抽出したテキストデータを返す．しるし付けが付箋貼付と囲いこみの場合は，画像全体に含まれるテキストを返し，線引きの場合は画像に含まれるテキストのうちテキストが横書きの場合は一番下の行，縦書きの場合は一番右の行を返す．

取得情報保存部

取得情報保存部は，受け取ったテキストデータを形態素解析してキーワードを取得し，テキストデータに追加する．次に，画像データとテキストデータに取得時間を用いて名前をつけ，分類情報に基づいて所定のディレクトリに保存する．その後，アプリケーション通知部に分類情報を渡す．

5.2.3　Web 検索アプリケーション

Web 検索は GoogleAPI を用いて実装した．ユーザが取得した文字列が 20 文字以上だった場合は，形態素解析を用いて固有名詞と未知語を取得し，リスト化してユーザに提示する．形態素解析ライブラリは茶筅を用いた．

5.2.4　スクラッピングアプリケーション

本項では，スクラッピングアプリケーションを構成する各部の実装について述べる．

Web 通信部

Web 通信部は，取得記事の関連情報を Web から収集する．Web 検索は GoogleAPI を用いて実装し，検索結果から上位 5 件を関連情報として取得する．取得した関連情報は，取得情報のテキストデータに追加して保存する．

ビューワ管理部

スクラッピングアプリケーションの提供するビューワでは，情報は分類別にタブ分けされている．タブ内では，記事が取得日時順にリスト化されており，詳細表示を行うと画像とテキスト，関連情報へのリンクのセットで閲覧できる．図 5.4 にビューワのスクリーンショットを示す．

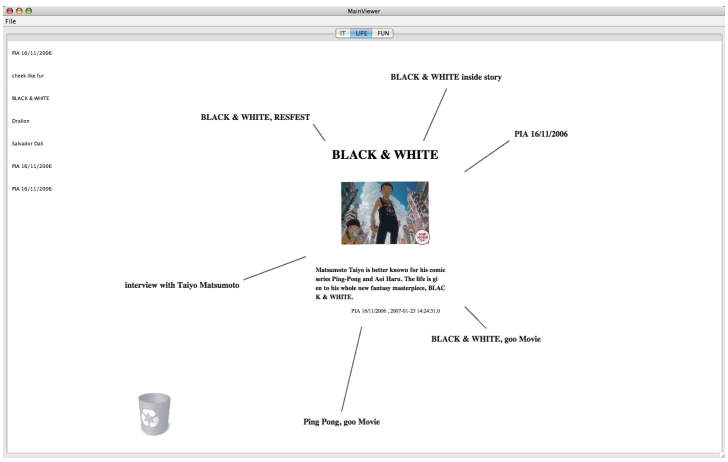


図 5.4: ビューワ

5.3 本章のまとめ

本章では, Markit システムの実装について述べた．第 1 に実装環境を説明し，次に実装の詳細について述べた．次章では，Markit の評価を行う．

第6章　評価

本章では，Markit の基本性能評価とユーザビリティ評価を行い，結果について考察を行う．ついで，今後の課題と展望を述べる．

6.1 基本性能評価

本節では，Markit の基本性能評価として，OCR 認識率，紙メディア情報取得所要時間，ページめくり検知における正答率，しるし付け検知における正答率の 4 点について実験を行い，考察する．

6.1.1 OCR 認識率

本システムを利用する際の読書環境を確かにするため，OCR による文字認識の精度を評価した．第 5 章で述べた実装を用い，Web カメラの解像度が 640 × 480 ピクセル，カメラと紙メディアの距離が 20cm の環境で，紙に書かれた文章を読み取った．文章は白い紙に黒色で印刷されたものを，12pt と 14pt の文字サイズで 2 種類用意した．認識実験は，2 種類の文章に対して 10 回ずつ行い，全文字数のうち認識に成功した文字数の割合で認識率を計算した．その結果，14pt の文章では 85.4 %，12pt の文章では 64.4 %の認識率であった．100 %に近い認識率ではないため，現時点では実生活での利用は難しいが，OCR やカメラなどの技術向上に伴い，実際の利用に耐えうる認識が可能になると考えられる．

6.1.2 紙メディア情報取得所要時間

紙メディア情報取得の所要時間として，ユーザがしるし付けを開始してからディスプレイに取得した紙メディア情報が表示されるまでの時間を評価した．第 5 章で述べた実装環境において，3 つのしるし付け検知をそれぞれ 20 回行い，その平均所要時間をストップウォッチを用いて測定した．結果，平均所要時間は付箋貼付が 2.82(s)，囲い込みが 6.37(s)，線引きが 6.27(s) であった．しるし付け検知は，作業を妨げることなく短い時間で行うことが出来るという結果を得た．

6.1.3 ページめくり検知における正答率

ユーザが現在見ているページを取得するためのページめくり検知機能について，正答率を評価するため，100 回のページめくり検知実験を行った．図 6.1 に実験で使用した雑誌を示す．実験の結果，93 %の正答率を得た．非常にゆっくりめくった場合や，ページめくりを途中で止めた場合に，取得画像の差分が小さくなり検知に失敗した．

6.1.4 しるし付け検知における正答率

しるし付けの認識精度を評価するために，各しるし付けの種類と色ごとに正答率を評価した．しるし付けは，ピンク，青，緑の 3 色で各 20 回ずつ，白地に図と文章が整然と並んだ雑誌に対して行い，正しく検知できた回数を計測した．実験に利用した雑誌は，ページめくり検知実験の際に使用したものである (図 6.1).



図 6.1: 評価に用いた雑誌

表 6.1 に，評価結果をまとめる．実験の結果，しるし付けの色によって精度が異なることが分かった．この原因として，しるし付けする箇所の背景色や光の変化によって色の認識精度が悪くなってしまうことや，ペンの場合は紙の素材によって発色が変わってしまうことなどが考えられる．

表 6.1: しるし付け検知における正答率

しるし付け	色	正答率 (%)
付箋貼付	ピンク	100
	青	100
	緑	85
囲い込み	ピンク	100
	青	90
	緑	75
線引き	ピンク	100
	青	100
	緑	90

6.2　ユーザビリティ評価

本節では，ユーザビリティ評価について述べる．ユーザビリティ評価では，Markit を使用した紙メディア情報取得における作業負担について，Jakob Nielsen [34] によって定義されたユーザビリティの指標である学習しやすさ (Leanability)，効率性 (Efficiency)，記憶

しやすさ (Memorability)，間違えにくさ (Error Handling)，主観的満足度 (User Satisfaction) の 5 つを用いて評価する．

6.2.1 実験

ユーザビリティ実験では，Markit システムとハンドスキャナ，2 つの手法を用いて被験者に紙発見デジタル利用型の情報収集を行ってもらう．手軽な画像取得が可能であるハンドスキャナと比較することで，Markit を用いた作業のユーザビリティを評価する．

実験環境

第 5 章の実装環境で示したように，机の上に Markit システムが動作するパソコンとビューワが表示されているディスプレイを設置し，その前方にデスクトップライト，ライトの上にカメラを設置する．ユーザには，ライトの下に置かれた雑誌の情報取得を行ってもらう．ハンドスキャナは，Planon Docupen RC810 [9] を用いる．図 6.2 に示すように細長く小さな本体を紙メディアの上で滑らせることでスキャンを行う．スキャンした情報は，スキャナをパソコンに接続し専用のアプリケーションを用いて読み込む．

本実験の被験者は，情報機器の操作に慣れた 20 代の学生 6 名である．また，全員が Markit とハンドスキャナの両システムを利用したことがない．

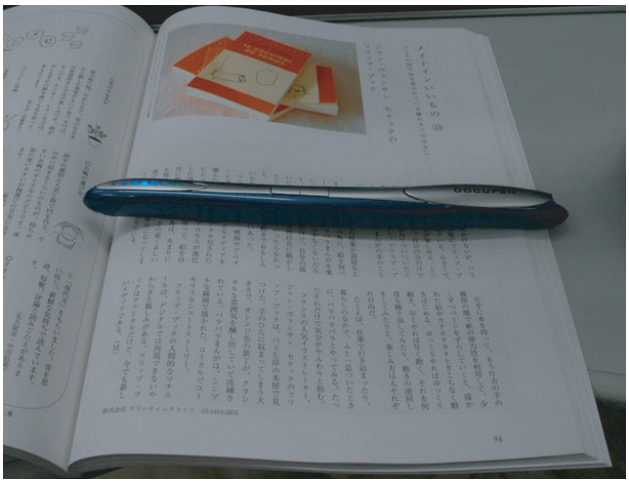


図 6.2: 実験に用いたハンドスキャナ

実験手順

実験の手順は，想定するシナリオとシステムについての簡単な口頭説明，練習，実験，アンケート調査の 4 段階で行う．本実験で想定するシナリオは，雑誌を読んでいる最中に保存したい情報を続けて発見し，読書の妨げにならないように対象記事を保存しようと

する状況である．本実験の前に，被験者には両手法を用いた紙メディア情報取得を数回ずつ，取得方法を理解するまで練習してもらった．本実験では，読書中に見つけた情報を 3 つ取得するという作業を一連の作業工程とし，それぞれの手法を用いて行ってもらった．具体的に行うのは，ページをめくって記事を閲覧し取得，またページをめくって閲覧し取得，と 3 回繰り返す作業になる．Markit の場合は，しるし付けを行い，ディスプレイに取得画像が表示されたことを確認するまでが一回分の取得作業である．ハンドスキャナの場合は，3 回スキャナを繰り返した後，パソコンに接続して取得画像の確認を行ってもらう．また，両システムに対して 3 回の情報取得を行う一連の作業工程に要する時間を測定する．Markit では，作業開始から 3 回の情報取得を終えるまでを測定する．ハンドスキャナでは，3 回のスキャンを終えるまででと，その後パソコンで取得画像を確認するまでの所要時間を測定する．実験終了後に，それぞれの手法に対して作業に関するアンケートに記入してもらう．次に示す 5 項目に対して，1=全くそう思わない，から 10=そのとおりだと思う，までの 10 段階で答えてもらった．

- 使い方を習得するのは簡単だ
- 負担なく簡単に作業できる
- 作業は直感的である
- 必要だと思うことが全て出来る
- やっていて楽しい

また，Markit に関しては，次の 2 項目にも答えてもらった．

- 付箋の色を用いた分類は有用である
- しるし付けによる取得範囲の指定は分かりやすい

6.2.2 実験結果

実験結果として，作業所要時間を表 6.2 に示す．どの被験者も，スキャナを用いた手法と比べて短い時間で作業を終えることが出来た．ただし，2 人目の被験者は他の被験者と比べて Markit を用いた場合の所要時間が長くなっている．これは，付箋を持ったままページ上で手を止めるなどの動作によって誤検知が多く発生したためである．本実験により，実装上の精度に関する課題を得た．

また，スキャナに関するアンケート結果を表 6.3 に，Markit に関するアンケート結果を表 6.4 に示す．スキャナを用いた手法に比べ，動作の容易さや直感性において非常に高い結果を得ることが出来た．しるし付けを用いた紙メディア情報取得が，直感的で負担の少ない手法であることを示せた．

表 6.2: 作業所要時間 (s)

被験者	スキャナ		Markit
	(スキャン終了まで)	(画像確認まで)	
1	55	129	30
2	70	190	73
3	62	142	48
4	46	167	40
5	67	133	42
6	83	199	42

表 6.3: スキャナに関するアンケート結果

アンケート項目	回答						平均
使い方を習得するのは簡単だ	8	6	7	3	7	4	5.8
負担なく簡単に作業できる	9	4	9	7	7	4	6.6
作業は直感的である	7	8	9	5	8	3	6.6
必要だと思うことが全て出来る	8	1	7	4	7	3	5
やっていて楽しい	6	9	10	5	7	4	6.8

表 6.4: Markit に関するアンケート結果

アンケート項目	回答						平均
使い方を習得するのは簡単だ	8	10	10	10	10	10	9.7
負担なく簡単に作業できる	9	10	8	10	10	9	9.3
作業は直感的である	8	10	10	10	10	9	9.5
必要だと思うことが全て出来る	6	10	8	4	7	9	7.3
やっていて楽しい	8	8	8	8	9	7	8
付箋の色による分類は有用である	6	10	9	8	7	6	7.7
しるし付けによる 範囲指定は分かりやすい	9	10	9	8	9	8	8.8

6.2.3　考察

実験結果から，ユーザビリティの 5 つの指標に基づいて考察を行う．

学習しやすさ

アンケート項目の，使い方を習得するのは簡単だ，において 9.7 という非常に高い結果を得た．これは，しるし付けが人々が日常的に行っている行為であるため，学習の必要がないためであると考えられる．また，負担なく簡単に作業できるという項目に，9.3 という高い値を得られたことからも分かるが，1 工程で行うことの出来る簡単な作業であるため，学習は非常に容易である．

効率性

効率性とは，操作によって高い生産性をあげられることを指す．しるし付けを用いた紙メディア情報取得は，負担なく簡単に作業できるという項目に対して 9.3 という高い評価を得たように，容易で単純な操作である．また，付箋の色を用いた分類の有用性に対して 7.7，範囲指定に関しては 8.8 と共に高評価を得たように，本手法は一つのしるし付けで複数の操作を行うことが出来るため，効率が良いといえる．自由記述のコメントにおいても，範囲指定を 3 つのしるし付けで行う手法に対する評価が高かった．

記憶しやすさ

記憶しやすさとは，長い間利用せず久々に行った場合でも容易に操作できることを指す．学習しやすさの指標において述べたように，しるし付けは日常的かつ簡単な動作であるため，一度やり方を覚えたらいつでも容易に操作することが可能である．

間違いやすさ

しるし付けによる紙メディア情報の取得や範囲指定は，作業は直感的であるという項目に対して 9.5 という高い結果を得たことからも分かるように，直感的であり理解がたやすい操作方法であるといえる．しかし，今回の実験において，カメラに移っていない箇所に対してしるし付けを行ったり，しるし付けが検知されない場合があったりと，実装上の問題のために間違いやすさが発生する場面が見受けられた．

主観満足度

アンケート項目のやっていて楽しいに対する評価が 8 であることから，主観満足度は高いことが分かる．また今まで述べたように，直感的で容易な操作であるため，作業に対する満足度は高いといえる．ただし，必要だと思うことが全て出来るという項目に対しては，注釈やコメントの書き込みなど本手法では行えないことがあるという意見も頂いた．

6.3　今後の課題と展望

本節では，評価結果から今後の課題をまとめ，展望を述べる．

6.3.1　しるし付け検知における精度の向上

評価の結果から，本システムのしるし付け検知部分の実装は，検知精度を向上する必要があることが分かった．基本性能評価で行った正答率評価結果からも分かるが，色を用いた検知では，光の状態や背景など周囲の環境によって読み取れない場合が存在してしまう．また，ユーザビリティ実験結果でも述べたように，付箋やペンを持ったまま手を止めるなどのしるし付けと紛らわしい状態に関して，何らかの対処法を考えなければならない．さらに，ユーザビリティ実験で行ったアンケートの自由記述欄において，精度を上げるためには高性能なカメラやソフトウェアが必要となるので，実際の使用を考えるとスキャナのほうが良いのではないかという意見も頂いた．実際の利用に耐えうる精度の検知のために，複数のアルゴリズムを併用してしるし付けの検知を行いたい．

6.3.2　取得情報への注釈

後日利用型の情報収集では，取得した情報を後に利用するときのために，情報の整理を行うと述べた．本研究では，しるし付けの色による分類で情報の整理を支援している．しかし，興味を持ったポイントやコメントの書き込みなどの取得情報への注釈は，Markitでは行うことが出来ない．注釈は，後に見直した際に重要箇所を即時に理解したり，保存した動機を思い出すなど，取得情報を後に利用する際に非常に役立つ情報である．本研究の対象とする紙発見デジタル利用型の情報収集においては，発見した書き込んだ注釈を取得する方法と，紙メディア情報取得後にデジタルメディアに対して行う方法が存在する．どちらの方法にしても，ユーザの読書を中断しない手法について考察し，対応していく必要がある．

6.3.3　紙メディアとデジタルメディアのリンク

評価実験で行ったアンケートから，デジタルメディアとして保存された取得情報から，元の紙メディアへのリンクが欲しいといった意見や，一度しるし付けを行った記事を再度閲覧した際に，以前取得した記事であると認識できると良いという意見が得られた．本研究の手法は，一般的な付箋とペンを用いた紙メディア情報取得を実現することを重視したため，しるし付けを行った紙メディアと取得後のデジタルメディアの対応付けは行っていない．2次元バーコードや特殊なデバイスを使用しないでこの問題を解決するには，画像解析によって記事の判別を行う手法が考えられる．今後の展望として取り組みたい．

6.4　本章のまとめ

本章では，2種類の基本性能評価と，ユーザビリティ評価を行った．基本性能評価では，しるし付けに要する時間と，しるし付けの種類と色の判断の正答率を調査した．ユーザビリティ評価では，Markit とスキャナの２つの手法を用いた情報取得作業を被験者を集めて行ってもらい，作業時間を計測してアンケート調査を行った．その結果，しるし付けを用いた紙メディア情報取得は，作業負担がなく容易で直感的な手法であることを示せた．また，評価結果から，今後の課題と展望を述べた．次章において，本研究をまとめる．

第7章　結論

本章では，本論文のまとめを述べる．

7.1 本論文のまとめ

本論文では，しるし付け動作を用いた紙メディア情報取得手法を提案し，Markit システムを実装した．Markit を利用すると，ユーザはページに付箋を貼ったり，文章に線を引いたりという日常的なしるし付け動作によって紙メディアの情報を取得することができる．そのため，読書行為を妨げることなく紙発見デジタル利用型の情報収集を行うことが可能となる．Markit の評価として，まず基本性能評価によってしるし付けの検知時間と正答率を評価した．さらにユーザビリティ実験を行い，ハンドスキャナを用いた既存の紙メディア情報取得手法と本手法の作業負担を比較して，Markit の優位性を示した．本研究の目指す手軽な紙メディア情報取得手法が実現すれば，現在より更に自由に紙メディアとデジタルメディアを連携させて，有用な情報収集や利用ができるようになる．

謝辞

本研究を進めるにあたり，御指導を賜りました慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します．また，貴重な御助言を頂きました慶應義塾大学環境情報学部准教授高汐一紀博士，慶應義塾大学環境情報学部教授安村通晃博士，慶應義塾大学環境情報学部教授増井俊之博士に深く感謝致します．

慶應義塾大学徳田・高汐・中澤合同研究室の皆様には，折に触れ暖かい御指導と御助言を頂きました．新田美智子氏，中澤仁氏，由良淳一氏，伊藤正毅氏，米澤拓郎氏，榊原寛氏をはじめ先輩方には絶えざる励ましと御指導を頂き，心より感謝しています．また，橋爪克也氏，山本純平氏，徳田義幸氏，本多倫夫氏，生天目直哉氏，米川賢治氏，瀧本拓哉氏，河田恭平氏，伊藤友隆氏をはじめとするｉ・ｏ棟の皆様には，多大な御協力を頂きました．ここに，感謝の意を表します．

最後に，研究生活を支えてくれた家族と友人に心からの謝意を表し，謝辞と致します．

平成 22 年 2 月 12 日

川添 瑞木

参考文献

[1] Catherine C. Marshall and Sara Bly. Sharing encountered information: digital libraries get a social life. In *JCDL '04: Proceedings of the 4th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, pp. 218–227, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.

[2] 面谷信. 紙への挑戦電子ペーパー 情報世界を変えるメディア.

[3] Jakob Nielsen. Differences between print design and web design. http://www.useit.com/alertbox/990124.html.

[4] Richard H. R. Harper Abigail J. Sellen. *the myth of the paperless office*. The MIT Press, 2001.

[5] Tumblr. http://www.tumblr.com/.

[6] Snipd. http://snipd.com/.

[7] Docuworks. http://www.fujixerox.co.jp/soft/docuworks/overview.html.

[8] 美崎薫. インターネット時代の情報整理術：デジタルファイリングのすすめ. エスシーシー, 2000.

[9] Planon docupen rc810. http://www.cfcompany.co.jp/product/planon/rc800.html.

[10] やさしくデジタルファイリング. http://mediadrive.jp/products/ydf/index7.html.

[11] 富士通 fp コード. http://jp.fujitsu.com/solutions/fpcode/.

[12] Grid onput. http://www.grid-mark.co.jp/gridonput.html.

[13] Pranav Mistry. Quickies: the future of sticky notes. In *CHI EA '09: Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 3529–3530, New York, NY, USA, 2009. ACM.

[14] A. Komaki, J. Yura, M. Iwai, J. Nakazawa, K. Takashio, and H. Tokuda. Clickcatalog: Retracing precious memory using paper-based media controller. In *Machine Learning and Cybernetics, 2007 International Conference on*, Vol. 4, pp. 2077–2082, Aug. 2007.

[15] Donald A. Norman. *Design of Everyday Things*. Basic Books, 1990.

[16] Richard S. Wurman. *Information Anxiety 2*. Que, 2000.

[17] Artoolkit. http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/.

[18] Raphael Grasset, Andreas Duenser, Hartmut Seichter, and Mark Billinghurst. The mixed reality book: a new multimedia reading experience. In *CHI '07: CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 1953–1958, New York, NY, USA, 2007. ACM.

[19] M. C. Juan, B. Rey, D. Perez, D. Tomas, and M. Alca niz. The memory book. In *ACE '05: Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology*, pp. 379–380, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[20] Michael Rohs and Beat Gfeller. Using camera-equipped mobile phones for interacting with real-world objects. In *Advances in Pervasive Computing*, pp. 265–271, 2004.

[21] Tapan S. Parikh, Paul Javid, Sasikumar K., Kaushik Ghosh, and Kentaro Toyama. Mobile phones and paper documents: evaluating a new approach for capturing microfinance data in rural india. In *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 551–560, New York, NY, USA, 2006. ACM.

[22] H. USUDA. The multimedia interface using 'paper': Ultra magic key. *Proceedings of Asia Pacific Computer Human Interaction 1998 (APCHI'98)*, pp. 393–397, 1998.

[23] Lisa Stifelman, Barry Arons, and Chris Schmandt. The audio notebook: paper and pen interaction with structured speech. In *CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 182–189, New York, NY, USA, 2001. ACM.

[24] François Guimbretière. Paper augmented digital documents. In *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 51–60, New York, NY, USA, 2003. ACM.

[25] Kosuke Konishi and Naohiro FurukawaHisashi Ikeda. Data model and architecture of a paper-digital document management system. In *DocEng '07: Proceedings of the 2007 ACM symposium on Document engineering*, pp. 29–31, New York, NY, USA, 2007. ACM.

[26] Rudi Belotti, Corsin Decurtins, Moira C. Norrie, Beat Signer, and Ljiljana Vukelja. Experimental platform for mobile information systems. In *MobiCom '05: Proceedings of the 11th annual international conference on Mobile computing and networking*, pp. 258–269, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[27] David Holman, Roel Vertegaal, Mark Altosaar, Nikolaus Troje, and Derek Johns. Paper windows: interaction techniques for digital paper. In *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 591–599, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[28] 小林貴訓. 赤外線画像を用いた指先実時間追跡による enhanced desk の実現. ヒューマンインターフェース学会 ヒューマンインターフェースシンポジウム HIS99, pp. 417–422, 1999.

[29] Toshifumi Arai, Dietmar Aust, and Scott E. Hudson. Paperlink: a technique for hyperlinking from real paper to electronic content. In *CHI '97: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 327–334, New York, NY, USA, 1997. ACM.

[30] Jürgen Steimle, Oliver Brdiczka, and Max Mühlhäuser. Digital paper bookmarks: collaborative structuring, indexing and tagging of paper documents. In *CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 2895–2900, New York, NY, USA, 2008. ACM.

[31] 茶筅. http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/.

[32] Panasonic カラー ocr ライブラリー. http://panasonic.biz/it/sol/ocr/sdk/index.html.

[33] Google api. http://code.google.com/.

[34] Jakob Nielsen. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Pub, 1994.